

DEPARTEMENT DE GEOGRAPHIE



Rapport de stage

LA MODELISATION GEOSPATIALE POUR DES APPLICATIONS URBAINES EN 3D

VILLE D'ISSY-LES-MOULINEAUX ET BONNEUIL-SUR-MARNE



Entreprise NAVIDIS

Navidis

Anès MISSOUMI

Master 2 Professionnel
Géomatique, Géomarketing et Multimédia (G2M)

2009 - 2010



REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier dans un premier temps, toute l'équipe pédagogique du Master 2 G2M. Je tiens à remercier tout particulièrement et à témoigner toute ma reconnaissance aux personnes suivantes, pour leur expérience enrichissante et tout l'intérêt qu'elles ont manifesté à mon égard durant ces six mois au sein de l'entreprise NAVIDIS.

Monsieur Philippe PERRENEZ, DG de NAVIDIS, pour son accueil et la confiance qu'il m'a accordée dès mon arrivée dans l'entreprise.

Monsieur Gregory SERRIES, responsable du service géomatique, mon tuteur pour m'avoir intégré rapidement au sein de l'entreprise et pour le temps qu'il m'a consacré tout au long de cette période, sachant répondre à toutes mes interrogations, sans oublier sa participation au cheminement de ce rapport.

Monsieur Thomas DERAMBURE, Melle Aurélie CAUMARTIN ainsi que l'ensemble du personnel de NAVIDIS pour leur accueil sympathique et leur coopération professionnelle tout au long de cette période de stage.



INTRODUCTION

Ce stage, d’une durée de six mois, a consisté à actualiser une maquette 3D pour la ville d’Issy-Les-Moulineaux, et de la réalisation d’une maquette 3D pour la ville de Bonneuil-sur-Marne.

Ce rapport présente le travail que j’ai effectué lors de mon stage au sein de la société NAVIDIS. Il s’est déroulé du 25/01/2010 au 25/06/2010. Pendant cette période, je me suis familiarisé avec un environnement technique et un ensemble d’applications. Ceci m’a permis ensuite de mettre en place des outils de visualisation et de découverte de la ville avec une technologie inspiré des jeux vidéo, en 3D temps réel.

Le projet réalisé s’est avéré très intéressant et très enrichissant pour mon expérience professionnelle. En effet, ce stage m’a permis de connaître le domaine de la représentation 3D des territoires. L’occasion m’a été donnée de travailler sur des projets qui m’ont permis d’entrevoir en quoi consiste la profession de géomaticien dans ce secteur d’activité.

Le but de ce rapport n’est pas de faire uniquement une présentation exhaustive de tous les aspects techniques que j’ai pu apprendre ou approfondir, mais aussi, de manière synthétique et claire, de faire un tour d’horizon des aspects techniques et humains auxquels j’ai été confronté.

Je vous expose dans ce rapport en premier lieu une présentation de l’entreprise. Ensuite, j’aborderai les différents aspects de mon travail durant cette période et enfin, je conclurai avec les retombées de ce stage.


SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES



PRESENTATION DU SUJET ET DE LA PROBLEMATIQUE

1.1. CONTEXE DU PROJET

1.1.1. Présentation de la société Navidis :

Navidis crée des solutions de communication cartographique, par le design numérique d'informations géolocalisées. Elle conçoit et réalise des supports numériques innovants (2D, 3D, 3D temps réel), permettant de valoriser un territoire, ses atouts et projets.

Les solutions Navidis répondent à des besoins de communication, d'aide à la décision et de concertation. Elles intègrent et valorisent tous type de données (SIG, IGN, INSEE, géomarketing…) ainsi que la richesse des contenus multimédias (vidéo, photo, texte, 2D, 3D…)

1.1.2. Futur en Seine

Futur en Seine est une manifestation festive du numérique en île de France qui s'est tenue du 29 mai au 7 juin 2009. Elle avait pour objectif de proposer des colloques, rencontres, prototypes dans la ville et des journées portes ouvertes. Pour la première fois, l'occasion s'est présentée au public pour pouvoir appréhender, toucher, et expérimenter les travaux et prototypes des différentes structures (associations, entreprises, studios et laboratoires) de la première région du numérique en Europe.

Il y avait plusieurs aspects très intéressants à cette fête numérique. Le premier, était de montrer des prototypes susceptibles de configurer la ville de demain. Le deuxième de faire connaître la liste des prototypes retenus par Cap Digital (organisateur de l'évènement). La vision future est que ces prototypes compétiteurs doivent également devenir source de compréhension et de réflexion pour le citoyen. C'est ainsi que dans le cadre de cette manifestation, Navidis a proposée le projet URBADEUS.

1.1.3. URDADEUS où "le virtuel augmente en mobilité"

« Il a été difficile de faire un choix parmi les différents prototypes, en même temps. Tous les projets ont un lien avec la ville, avec le numérique, mais Urbadeus a la caractéristique d'y ajouter la ville en 3D virtuelle qu'il faut enrichir par la suite de vidéos réelles ». [14]

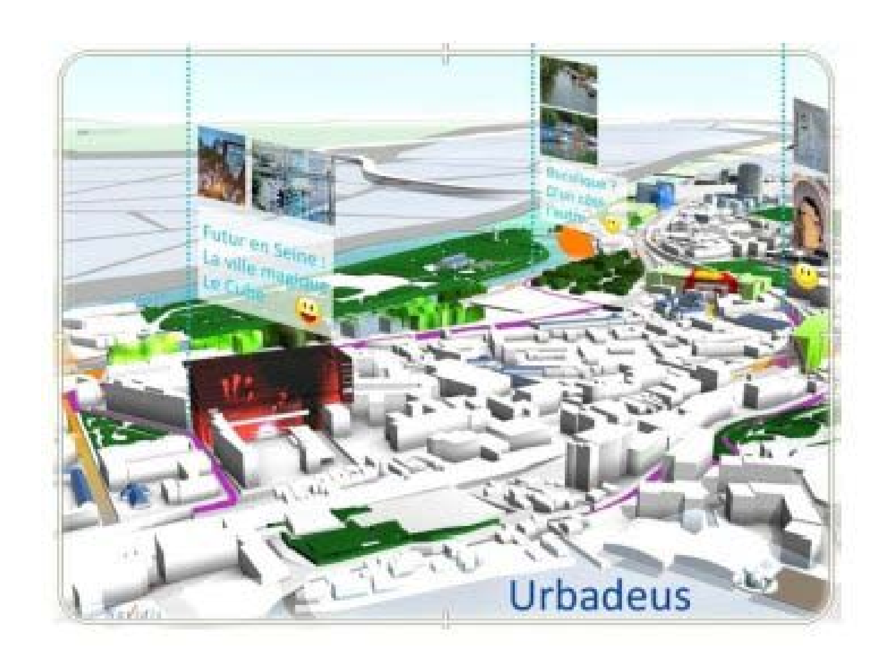


Figure (1) : Prototype développé par la société Navidis dont le principe est un média participatif.

« Pour Philippe PERENNEZ concepteur du projet, Urbadeus propose aux visiteurs de Futur en Seine de vivre une expérience urbaine collective unique. En “captant le réel” au moyen de son téléphone mobile (photo, vidéo, son), l’utilisateur peut saisir des instants et rendre compte de son parcours durant l’exposition. Par cette démarche, il constitue une mémoire partageable de sa relation à l’espace collectif urbain et contribue à la création d’une base de données de la « ville perçue ». Son parcours est édité en “temps réel” et géolocalisé sur une maquette 3D de la ville et diffusé sur écran géant visible par le public sur le lieu d’exposition. Cette visite virtuelle permet une exploration interactive d’un territoire et des activités qui l'animent. Il sera proposé aux visiteurs de Futur en Seine des parcours scénarisés ou libres, afin de partager leurs expériences et de personnaliser leur passage durant l’événement ». [14]

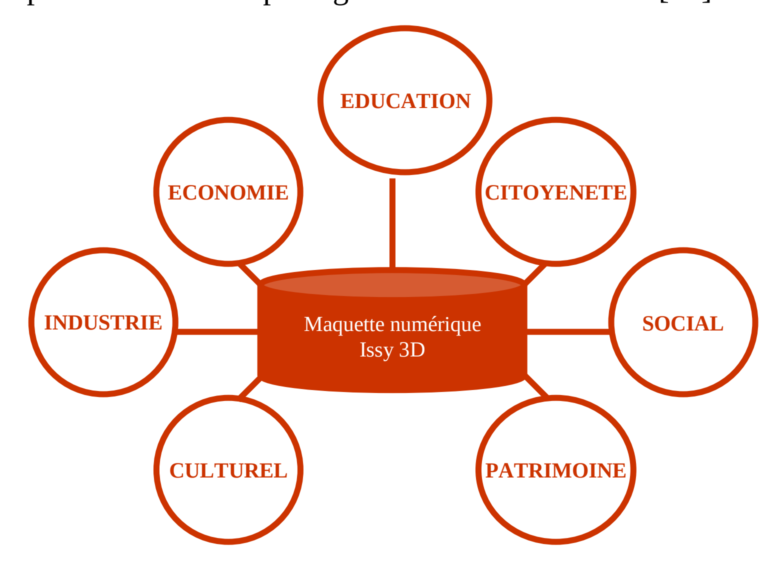


Figure (2) : Type de données géoréférencées sur la maquette 3D

Au centre du projet **Urbadeus**, tout au long des cycles depuis la conception jusqu'à l'exploitation, la maquette 3D représente l'unique référentiel pour tous les acteurs de la ville. Cette expérience permet de mettre en œuvre de nouveaux usages de citoyenneté, éducatifs, sociaux, culturels…etc. Le partage des informations entre acteurs du projet se fait dans le cadre d'une plateforme Internet.

1.1.4. Issy3D : La maquette 3D pour le géoréférencement

« La ville d'Issy-les-Moulineaux a ouvert fin 2006 un Atelier d'Urbanisme et de Développement Durable conçu autour d'un outil numérique de concertation et d'aide à la décision nommé Issy3D. Cet outil propose une visite virtuelle interactive de la ville, développée avec les technologies «3D temps réel ». Cette application (réalisée par la société Navidis) repose sur l'exploitation et la valorisation de données hétérogènes rigoureuses issues de systèmes d'information géographique (SIG) de l'INSEE, de l'IGN, etc., qui permettent de « simuler le réel », associées aux données rich média (vidéos, photos, textes, animations, etc.) permettant de bâtir une véritable démarche éditoriale.

Créée pour l'Atelier d'Urbanisme et de Développement Durable de la Ville d'Issy-les-Moulineaux, cette application met en avant les principaux atouts et spécificités de la ville grâce à une représentation à la fois ludique et informative. Evolutive et simple d'utilisation, elle est utilisée par tous les publics en situation de consultation, de démonstration ou sur Internet.

Avec l'application Issy3D, la ville devient un véritable « média cartographique 3D », qui emprunte aux jeux vidéo les technologies de « comportement » en proposant spontanément des contenus adaptés au parcours du visiteur, extraits d'une base de données. Outre les 6000 bâtiments modélisés, les espaces verts, les flux de circulation, les sites majeurs détaillés, les activités et les grands projets d'urbanisme, plusieurs innovations sont proposées. Par exemple, une simulation interactive de l'aménagement urbain dans le temps, avec une modélisation dynamique de la ville entre 1975 et 2015, ou encore des vidéos mappées sur les façades des bâtiments permettant de visualiser l'activité se déroulant à l'intérieur du lieu. Autre exemple, une animation sonore renforce la dimension immersive en « montrant » ce qui n'est pas visible. Ainsi, en passant à proximité d'une école, on entend le bruit des enfants jouant dans la cour de récréation. Enfin, la dimension participative n'est pas oubliée puisque les résidents peuvent d'une part utiliser Issy3D comme un outil de concertation et proposer des contenus pour enrichir l'application.

1.2. PROBLEMATIQUE

La représentation 3D des objets dans un Système d'Information Géographique a pris, depuis ces dernières années, des proportions de plus en plus importantes. Bien que les SIG permettent d'intégrer des données tridimensionnelles pour en réaliser des visualisations impressionnantes de réalisme, ils permettent aussi de s'y promener ou de survoler les différentes zones modélisées. Ces différentes fonctionnalités ont trouvé un écho très favorable et surtout des adeptes dans le domaine de l'aménagement, de la simulation de projets futurs, de l'intégration dans le paysage, de l'information touristique high-tech, etc.
Les progrès technologiques dans le domaine de l'imagerie virtuelle, des cartes graphiques, des possibilités de visualisation et notamment les avancées réalisées grâce au développement des jeux virtuels offrent au monde de la géomatique des outils très performants d'exploitation de données 3D. Afin de tirer le meilleur parti de ces avancées technologiques, il s'agit, comme pour tout SIG, de structurer les données 3D de manière intelligente pour en permettre une exploitation et des traitements plus riches qu'une simple visualisation.[13]

La constitution de modèles 3D de bâtiments simples et précis représente donc un marché potentiel très important pour des domaines tels que la visite virtuelle ou la simulation. Dans ce même ordre d'idée, la société Navidis mène actuellement dans la ville d'Issy-Les-Moulineaux, le projet expérimental "Urbadeus" qui a pour vecteur l'interactivité des habitants avec leur cadre de vie. L'idée directrice de l'application "Urbadeus" est d'offrir aux visiteurs de la ville la possibilité d'enregistrer au gré de leur promenade des photos, vidéos et sons localisés et associés à de courts commentaires en temps réel sur une maquette 3D, permettant la reconstitution d'une carte émotionnelle de la ville. Ainsi, parmi les principaux points à considérer dans la réalisation des applications Navidis, nous retrouvons le principe du géoréférencement des données et des modèles 3D pour les milieux urbains. Mon intervention à travers le stage effectué au sein de l'entreprise, a consisté en l'actualisation d'une maquette 3D existante pour la ville d'Issy-Les-Moulineaux et la réalisation d'une nouvelle maquette 3D pour la ville de Bonneuil-sur-Marne. Ces deux maquettes permettent de définir un référentiel pour toutes les informations environnementales du citoyen.



LA MODELISATION GEOSPATIALE EN 3D ET SES OUTILS DE REALISATION

La **modélisation 3D** est l'étape en infographie 3D qui consiste à créer, dans un logiciel de modélisation 3D, un objet en trois dimensions, par ajout, soustraction et modifications de ses constituants.

2.1. LES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG)

Depuis plus de vingt ans, le développement de l'informatique a entraîné des modifications importantes pour la géographie et la cartographie. La production de données s'est accélérée grâce à de nouvelles méthodes de collecte et d'acquisition.

Le traitement des données localisées s'est largement développé avec la saisie numérique des données graphiques, cartes et plans, avec les systèmes de gestion de bases de données (SGBD) et les capacités de stockage des systèmes informatiques. Enfin, de nombreux aspects de la cartographie ont été automatisés et les techniques de production complètement modifiées avec en corollaire, une accélération de la diffusion et de l'utilisation de données géographiques.

Un système d'information géographique **(SIG)** est avant tout un système de gestion de base de données capable de gérer des données localisées, et donc capable de les saisir, de les stocker, les extraire (notamment sur des critères géographiques), de les interroger, de les analyser et enfin de les représenter et les cartographier. L'objectif affiché est essentiellement un objectif de synthèse permettant à la fois la gestion des données comme l'aide à la décision. Si l'informatique a d'abord permis des progrès dans l'automatisation de la production cartographique, les SIG vont bien au-delà d'une simple fonction de stockage et de restitution graphique. Par leurs possibilités de modélisation et de gestion, par leurs fonctions d'analyse et d'interrogation, par les possibilités de mises en relation des objets les uns par rapport aux autres, par leurs capacités à stocker et traiter de gros volumes d'informations. Les SIG ont entraîné une accélération de la diffusion et de l'utilisation de données géographiques.

Les SIG ont profondément bouleversé les méthodes traditionnelles d'analyse et de gestion de l'espace. Grâce aux possibilités de modélisation et de calcul, l'informatique et les SIG n'ont pas seulement permis l'amélioration de techniques existantes, ils ont remis en cause bon nombre de concepts classiques de la géographie et renouvelé la dynamique de cette discipline. **[6]**
Un SIG stocke les informations concernant le projet sous la forme de couches thématiques pouvant être reliées les unes aux autres par leurs coordonnées géographiques. Ces couches sont superposables. A ces couches sont associées des données alphanumériques structurées en base de données.

Habitat
Agriculture
Végétation
Hydrographie
Route
Topographie
Base de données
Données spatiales organisées en couches d'informations
Données alphanumériques structurées en base de données

Figure (3) : Exemple de structure de données en couches d'information dans un SIG

2.2. Typologie des données 3D dans les SIG

Les données 3D dans les SIG existent sous différentes formes qui dépendent de leur mode d'acquisition et de l'objet qu'elles modélisent.

Le sol : L'objet qui modélise le relief et la surface terrestre s'appelle le Modèle Numérique de Terrain (MNT). Ce MNT se rencontre sous diverses formes : image (grille d'altitudes) ou vectorielles (semis de points régulier, courbes de niveaux, réseau de triangles irréguliers, etc.). L'exploitation de ce MNT à des fins de connaissance du territoire conduit à “draper ” sur le MNT une orthophotographie, permettant ainsi de visualiser le relief complété par des informations contenues dans des images.

Le sursol : Entrent dans cette catégorie tous les objets dépassant du sol de façon significative, principalement les bâtiments et la végétation.

Les bâtiments sont modélisés avec leur toiture. Pour améliorer le niveau de réalisme des bâtiments, les façades et les toits sont texturés. Pour ce faire, on applique soit des textures

génériques (couleurs proches de la couleur dominante du bâtiment), soit des images correspondant à une photographie numérique de la façade. La photographie aérienne apporte des informations et des données permettant de texturer les toitures.

La végétation peut être modélisée sous deux formes. Dans le cas d'un bois, par exemple, on pourra extraire du MNE (Modèle Numérique d'Elévation incluant le sursol) le volume correspondant à ce bois. Un rendu suffisamment réaliste sera obtenu par drapage de la photographie aérienne. Pour les alignements d'arbres ou les arbres isolés, par contre, la connaissance de la localisation et de la hauteur de chaque arbre permettra de le représenter individuellement en trois dimensions. Le fait de connaître également l'essence de l'arbre autorise l'appel à des modèles d'arbres prédéfinis, disponibles dans des bibliothèques d'objets spécifiques. [8]

Les thématiques : Il s'agit potentiellement de tous les objets de notre environnement quotidien. Dans le cadre des collectivités territoriales, ce sont les éléments entrant dans la gestion des espaces publics qui sont les plus intéressants.

Si ces éléments sont généralement présents dans les bases de données géographiques des Systèmes d'Information Territoriaux (SIT), la plupart ne sont modélisés qu'en 2D. Il est donc nécessaire de les modéliser en 3D, notamment en les projetant sur le MNT ou le MNE, ce qui peut être automatisé grâce aux logiciels SIG.

Le mobilier urbain, le jalonnement et la signalisation verticale, les candélabres sont autant de données thématiques pouvant être modélisées en 3D. L'univers 3D de la maquette virtuelle peut ainsi être enrichi en lui conférant un niveau de détail, donc de réalisme, plus élevé.

Le sous-sol : L'amélioration de la connaissance du sous-sol, dans sa composition mais aussi et surtout par les nombreux réseaux tridimensionnels qui y sont enfouis (eau, assainissement, chauffage, électricité, gaz, téléphone et fibres, câbles, etc.) ou qui le sillonnent (cavités et galeries souterraines, cours d'eau, etc.) représente un enjeu très important. Elle constitue également une pierre d'achoppement car l'acquisition des données sur le sous-sol est encore délicate et coûteuse. [8]

2.3. LE MODELE NUMERIQUE DE TERRAIN (MNT)

Les SIG intègrent de plus en plus la troisième dimension sous forme d'un MNT, bien que les coûts liés à l'acquisition de l'information d'altitude soient relativement élevés. Un MNT est une représentation de la topographie d'une zone terrestre. En cartographie, les altitudes sont habituellement représentées par des courbes de niveaux et des points cotés. Suivant la taille de la zone couverte, la plupart des MNT utilisent pour les petites zones, un maillage régulier carré ou pour les grandes zones, un maillage pseudo carré dont les côtés sont des méridiens et des parallèles.

On peut distinguer les MNT selon le type de maillage utilisé :

- maillage carré/rectangulaire ;
- maillage hexagonal ;
- maillage triangulaire régulier ;
- maillage triangulaire quelconque.

En fonction du type de maillage, la représentation informatique du MNT varie. Dans le cas de maillages rectangulaires, on peut utiliser des tableaux, mais dans les autres cas, les structures de données sont plus complexes.

Au final, un MNT permet d'utiliser les SIG pour des applications comme le calcul d'implantation d'infrastructures de transport (conduites souterraines, voies terrestres, lignes électriques aériennes, antennes GSM...). Dans ce cas, et en fonction de la résolution du MNT, on y intègre les informations liées à la couverture du terrain par des bâtiments ou des végétaux, pour additionner leur hauteur à l'altitude du terrain sur lequel ils sont situés.

Grâce au MNT, il est possible de reconstitue une vue en images de synthèse et d'avoir une manipulation quantitative du terrain étudié **[9]**

2.3.1. Comparatif entre les formats de MNT existants

Trois caractéristiques principales permettent d'avoir un aperçu rapide d'un modèle numérique de terrain et de juger de son adéquation à un besoin particulier :

- sa résolution, c'est-à-dire la distance entre deux points adjacents du MNT ;
- sa couverture géographique : les zones géographiques pour lesquelles des données sont disponibles ;
- la qualité des données : elle dépend de l'application ou non de traitements de correction des données après leur récupération. En effet, certaines méthodes d'acquisition laissent des artefacts dans les données (des zones brouillées sur des lignes côtières du fait de l'écume des vagues qui fausse les échos radar, des « trous » lorsque des nuages étaient présents lors d'un relevé satellitaire…). [9]

Caractéristiques de quelques formats disponibles sur le Web :

Nom	Résolution	Couverture géographique	Éditeur	Post-traitements
DEM ASTER	30 m	La Terre entière (sur demande)	NASA	non
DEM 1 degré	90 m	Etats-Unis	USGS	oui
DEM 7.5 minutes	10 et 30 m	Etats-Unis	USGS	oui
DEM CDED	23 m et 90 m	Canada	CCOG	oui

GTOPO30	30" d'arc (~ 1 km)	La Terre entière	USGS/NASA	oui
DEM SDTS	10 et 30 m	Etats-Unis	USGS	oui
NED	10 et 30 m	Etats-Unis	USGS	oui
Visual DEM France	75 m	France	IGN ?	oui
MNT BD Alti*	50 à 1 000 m	France	IGN	Oui
SRTM-3	90 m	80 % des terres émergées	NASA/NIMA	Non
SRTM-1	30 m	Etats-Unis	NASA/NIMA	Non
MOLA MEGDR	463 m	Mars (hors zones polaires)	NASA	Oui

Tableau (1) : Caractéristiques de quelques formats de MNT

(*) Le MNT issu de la BD Alti de l'IGN utilisé par la société Navidis, a une précision décamétrique, et porte les caractéristiques suivantes :

- MNT au pas de 25 m lorsqu'il est fourni avec le thème ALTI de la BD TOPO® (Cas de la société Navidis)
- Spécifications stables et homogènes
- Précision décamétrique
- Compatibilité avec BD CARTO®, OCS raster, GEOROUTE®, BD CARTHAGE®, SCAN 50®, SCAN Départemental®. [12]

2.4. LES LOGICIELS UTILISES

Dans cette partie nous décrivons les logiciels utilisés dans le cadre de l'application « Issy 3D Web » et de « Bonneuil 3D ».

2.4.1. Le logiciel ESRI ArcGIS 9.2

ArcGIS est une famille de logiciels développés par la compagnie américaine ESRI (Environmental Systems Research Institute). Il peut être acquis sous différents produits soit ArcInfo, ArcEditor, ArcView et ArcReader. Ces différents produits utilisent les trois applications formant le cœur d'ArcGIS, soit :

- **ArcMap** : permet de créer des cartes et faire des analyses spatiales.
- **ArcCatalog** : permet de visualiser rapidement les jeux de données, d'effectuer la gestion des fichiers et de les décrire à l'aide de méta données.
- **ArcToolbox** : permet d'effectuer des transferts de format et de projection. **[2]**

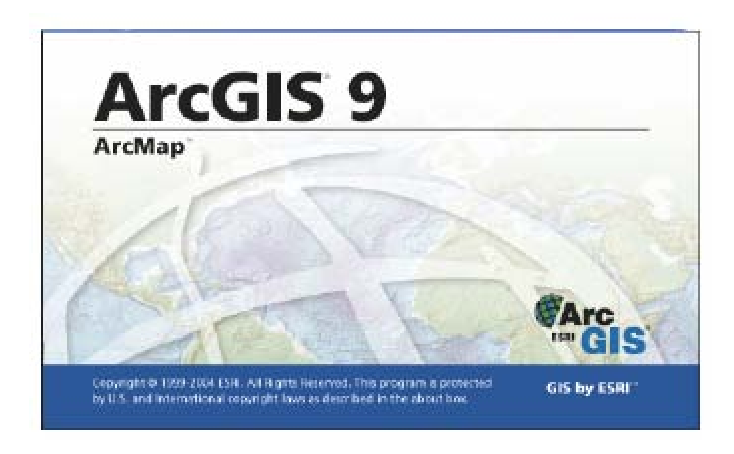
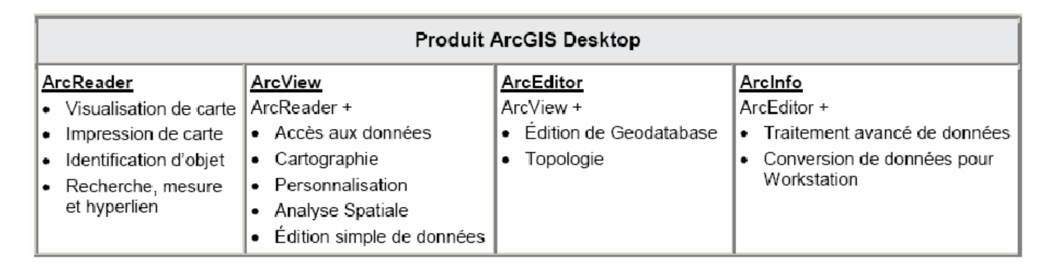


Figure (4) : Icône ArcGIS 9.2

Le tableau suivant résume les distinctions entre les différents produits **ArcGIS 9.2** :



Produit ArcGIS Desktop			
ArcReader • Visualisation de carte • Impression de carte • Identification d'objet • Recherche, mesure et hyperlien	ArcView ArcReader + • Accès aux données • Cartographie • Personnalisation • Analyse Spatiale • Édition simple de données	ArcEditor ArcView + • Édition de Geodatabase • Topologie	ArcInfo ArcEditor + • Traitement avancé de données • Conversion de données pour Workstation

Figure (5) : Distinctions entre les produits ArcGIS 9.2

Ses principales caractéristiques sont :

- Gestion des données géographiques sur PC.
- Interrogation.
- Opérations d'analyse spatiale.
- Affichage des données sous forme de cartes, de tableaux ou de graphes.
- Création et personnalisation des applications à l'aide du langage de programmation VBA (Visual Basic Application). **[2]**

2.4.2. Le logiciel 3DsMax :

3D Studio Max (ou **3dsmax**) est un logiciel de modélisation et d'animation 3D, développé par la société Autodesk. Il est l'un des logiciels de référence dans le domaine de l'infographie 3D. Le logiciel s'est développé rapidement, en étant utilisé principalement dans le cadre du jeu vidéo. Il a également été utilisé dans d'autres domaines, notamment le film d'animation.

2.4.3. Le logiciel SketchUp :

SketchUp a été spécialement conçu pour répondre aux besoins des architectes et d'autres concepteurs**.** C'est un outil rapide et intuitif avec lequel il est possible d'explorer et présenter des idées en 3D.

2.4.4. Le logiciel Virtools

Virtools est un logiciel de création d'applications 3D temps réel. Virtools est une technique de Dassault Systèmes. Il permet de créer des applications légères pour le web et des applications pour de grands environnements immersifs.

Virtools est un espace de développement d'applications temps réel et n'est absolument pas un modeleur 3D.

Il importe les formes et fichiers 3D des principaux logiciels commerciaux du marché (3D Studio Max, Maya, LightWave, CAD, CATIA avec 3DXML...). Il permet d'ajouter de la vie et des comportements à ces environnements 3D.



3.1. PRESENTATION DES VILLES A MODELISER

3.1.1. La ville d'Issy-les-Moulineaux

Dans le département des Hauts-de-Seine dans la région d'Île-de-France, Issy-les-Moulineaux est la 10ème plus grande ville du département. Située à 35 mètres d'altitude et voisine des communes de Vanves et de Malakoff, 62 175 habitants, appelés Isséens et Isséennes, résident sur la commune d'Issy-les-Moulineaux sur une superficie de 4,3 km² (soit une densité de 14 629,4 hab/km²). Le fleuve « la Seine » est le principal cours d'eau qui traverse la ville d'Issy-les-Moulineaux. Il. est proche du Parc naturel régional de la haute vallée de Chevreuse (environ 16 km).

3.1.2. La ville de Bonneuil-sur-Marne

Bonneuil-sur-Marne est une ville située dans le département du Val-de-Marne et la région d'Île-de-France. La ville de Bonneuil-sur-Marne est le chef-lieu du canton. Ses habitants sont appelés les Bonneuillois et les Bonneuilloises. La commune s'étend sur 5,5 km² et compte 16 730 habitants depuis le dernier recensement de la population. Avec une densité de 3 036,3 habitants par km², Bonneuil-sur-Marne a connu une hausse de 7,0% de sa population en rapport avec 1999. Entourée par les communes de Sucy-en-Brie, Créteil et Valenton, Bonneuil-sur-Marne est située à 3 km au Sud-Est de Créteil la plus grande ville aux alentours. Située à 44 mètre d'altitude, la rivière la marne est le principal cours d'eau qui traverse la ville de Bonneuil-sur-Marne.
La commune est proche du parc naturel régional du Gâtinais Français à environ 22 km.

3.2. GEOREFERENCEMENT DE LA ZONE D'ETUDE

3.2.1. Information géographique

L'information géographique désigne toute information sur des objets ou des phénomènes (appelés entités géographiques) localisables à la surface de la terre. Elle est classiquement représentée sous forme cartographique, avec ses 2 composantes :

1. une composante graphique : la carte, qui décrit la forme et les caractéristiques de l'entité tout en la localisant par des coordonnées géographiques ou cartographiques.
2. une composante attributaire : la légende, qui identifie les entités représentées.

3.2.2. Les système de projection

La Terre est un géoïde (en prenant le niveau moyen des mers), c'est à dire une sphère irrégulière. Pour la représenter, il faut donc trouver un modèle mathématique qui corresponde le mieux à la surface topographique de la Terre. La surface utilisée est donc un ellipsoïde (dit de révolution), un volume géométrique régulier proche du géoïde.

Il existe plusieurs ellipsoïdes en usage, dont les plus courants sont :

Clarke 1866, Clarke 1880 anglais, Clarke 1880 IGN, Bessel, Airy, Hayford 1909, International 1924, WGS 66, International 1967, WGS 72, IAG-GRS80, WGS 84, NAD27, NAD83.

Une fois un ellipsoïde fixé, on peut choisir le type projection à appliquer pour obtenir une carte. Cette fois encore, ce choix est conduit par l'usage qui sera fait de la carte mais aussi de la position de la région à cartographier sur le globe. Les projections peuvent avoir diverses propriétés:

- **Projection équivalente :** elle conserve localement les surfaces. Exemple : Projection de Peters (équivalente).
- **Projection conforme :** elle conserve localement les angles, donc les formes. Exemple : Projection de Mercator (conforme), Projection UTM (conforme), Projection conique conforme de Lambert.
- **Projection aphylactique :** elle n'est ni conforme ni équivalente, mais peut être équidistante, c'est-à-dire conserver les distances sur les méridiens. Eemple : Projection de Robinson.

Une projection ne peut pas être à la fois conforme et équivalente.[10]

La projection Lambert93 (projection officielle pour les cartes de France métropolitaine depuis le décret du 26 décembre 2000) est la projection liée au système géodésique RGF93. Elle utilise deux parallèles sécants : 44°N et 49°N, le méridien de référence 3°E (Greenwich), le parallèle d'origine (qui n'est pas de référence puisqu'on utilise des parallèles sécants) 46°30', et les coordonnées d'origine (700 000 m, 6 600 000 m).

Son principal intérêt réside dans son référentiel RGF93, qui est d'une part commun aux voisins européens de la France car fondé sur ETRS89, et d'autre part compatible avec le WGS84 utilisé notamment par le système GPS de positionnement par satellite (le passage de RGF93 à WGS84 se fait par une translation métrique, et des rotations et mises à l'échelle de l'ordre de 10-9, les rendant virtuellement identiques pour la plupart des applications pratiques). Ces trois systèmes ont de plus en commun l'ellipsoïde de référence IAG GRS80.[11]

3.2.3. Le géoréférencement

Le géoréférencement constitue le fondement même de l’information géographique. De sa qualité, dépend la capacité d’échange et de croisement de données de provenances diverses.

Dans la plupart des projets SIG, on procède tout d'abord à un découpage géographique de l'espace, qui délimite la zone d'étude. La première étape est de géoréférencer cet espace, c'est à dire le délimiter précisément par des coordonnées cartographiques (ou géographiques). C'est cette conformité qui permettra de superposer des plans de diverses natures. Pour assurer cette superposition, les différentes couches d'informations géographiques doivent avoir le même système de projection.

Le géoréférencement s'applique à des images informatiques, appelées raster ou matrice en géomatique. Son but est d'affecter une référence spatiale, dans une projection géographique donnée, à une image qui n'en a pas.

Avant le géoréférencement, une image n'a pour référentiel qu'un système de colonne et de ligne avec décompte de 0 à « n » où « n » est le nombre de colonnes ou de lignes. On l'appelle souvent un référentiel local.

Une fois géoréférencées, les coordonnées de l'image seront traduites dans celles d'une projection géographique. En France, on utilise maintenant le Lambert 93, surtout après les recommandations du Conseil National de l'Information Géographique (CNIG), où deux décrets (2000-1276, 2006-272) déclarent le RGF93 référence nationale légale et obligatoire à partir de mars 2009.

Une fois géoréférencée et projetée, chaque partie de l'image correspond alors à une coordonnée géographique. Un pixel (carré unitaire de l'image) couvre alors une étendue géographique et ne peut plus s'exprimer exclusivement par une paire de coordonnées comme avant le géoréférencement. Pour cela, on va utiliser le centre du pixel comme point de référence pour indiquer des coordonnées au pixel.

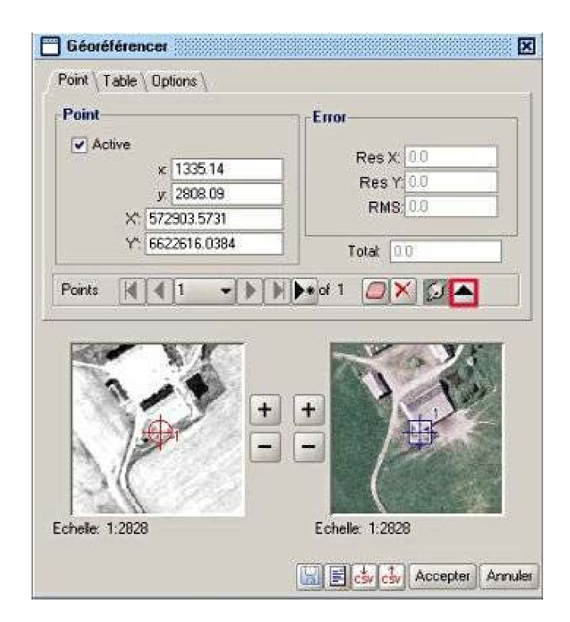


Figure (6): Principe du géoréférencement

3.2.4. Délimitation et géoréférencement de la zone à modéliser

3.2.4.1. Recherche des points de calage utiles pour le géoréférencement des lieux remarquables de la ville

Pour affiner le calage, nous avons procédé par association de points facilement et finement localisables dans l'image déjà calée et dans la nouvelle image. Voici quelques bons repères, et leurs contraintes :

- Coins des bâtiments : très efficaces, mais il faut faire attention aux ombres et aux déformations sur les bords des prises de vues aériennes. Dans le cas où on essaye de caler une image sur la base d'un plan il faut se rappeler que la représentation sur le plan n'est pas forcément fidèle à la réalité sur le terrain,

- Intersections de route : également efficaces, il faut faire attention à prendre le bord des routes et non le milieu plus difficile à exploiter. Dans le cas où on essaye de caler une image sur la base d'un plan, il faut faire très attention car la largeur n'est pas proportionnelle à la réalité mais est lié au gabarit de la route, où dans ce cas il vaut presque mieux utiliser le centre de l'intersection des routes,

- Limites de champs : cela marche très bien quand elles sont très marquées (par exemple entre une étendue verte et une autre labourée). Elles peuvent encore être plus exploitables par la présence de haies, notamment quand on se cale sur un plan. Il faut par contre faire attention aux différences de date entre l'image cible et l'image destination. Des différences temporelles dans la saison peuvent modifier l'apparence et donc la lisibilité des contours d'un champ, des différences d'année peuvent provoquer des modifications du parcellaire par remembrement ou simplement par des pratiques agricoles qui tendent à étendre certaines parcelles.

- Arbres isolés : à utiliser avec prudence, car qu'allez-vous utiliser : le centre de l'arbre ou un bord ? Dans les deux cas, cela donne lieu à une interprétation sur les deux cibles (source et destination). Ils peuvent s'avérer utiles quand on n'a pas grand chose d'autre à notre disposition.

- Limites de parcelles boisées : parfois utilisables, mais il faut faire très attention aux effets d'ombres sur les lisières.

Le géoréférencement des lieux remarquables de cette zone a été réalisé à l’aide de plusieurs points de calage prélevés sur les images de GoogleEarth (projection UTM)

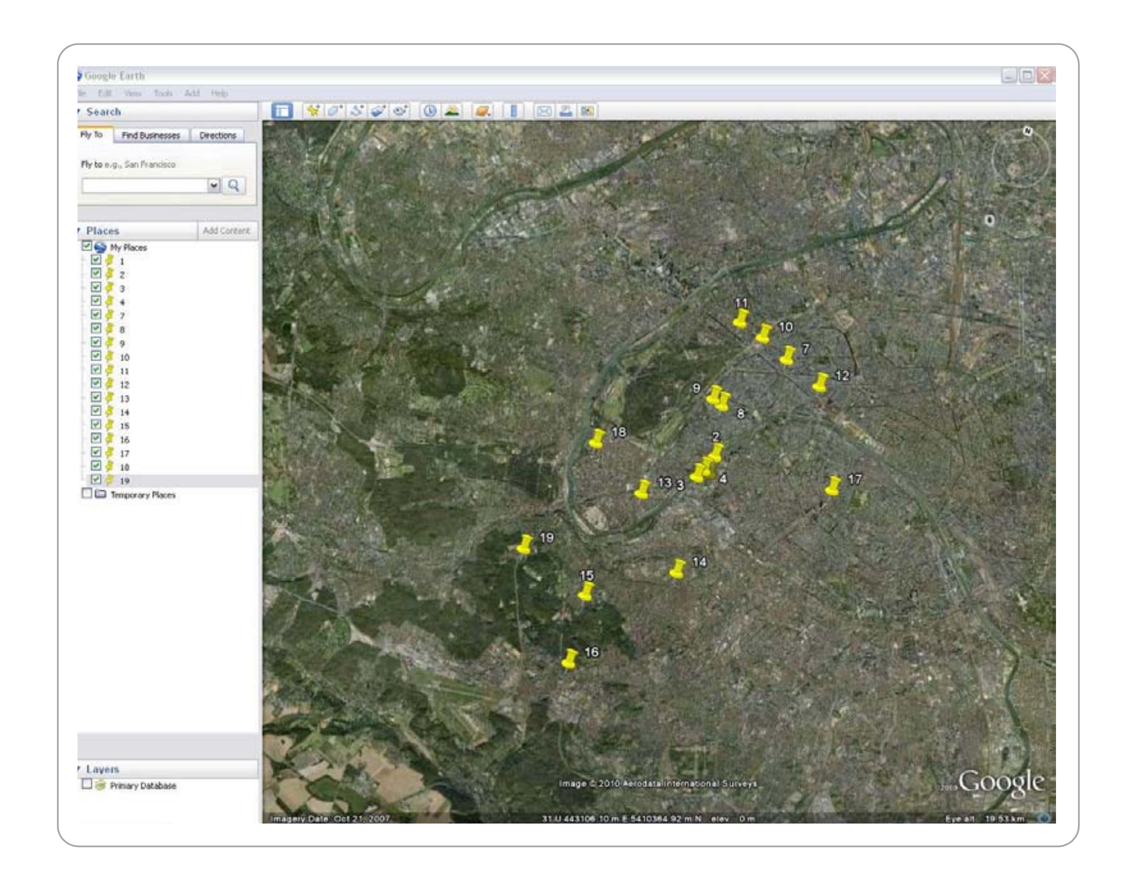


Figure (7): Délimitation de la zone à modéliser, et prélèvement de points de calage pour le géoréférencement des lieux remarquables de cette zone

3.2.4.2. Importation des points de calage depuis GoogleEarth vers le SIG ArcGis

KML (*Keyhole Markup Language*) est un format de fichier et de grammaire XML pour la modélisation et le stockage de caractéristiques géographiques comme les points, les lignes, les images, les polygones et les modèles pour l'affichage dans Google Earth, dans Coogle Maps et dans d'autres applications. On peut utiliser le format KML pour partager des lieux et des informations avec d'autres utilisateurs de ces applications.

Un fichier KML est traité par Google Earth de la même manière que les fichiers HTML et XML sont traités par les navigateurs Web. Comme un fichier HTML, un fichier KML a une structure basée sur des balises avec des noms et des attributs utilisés pour un affichage spécifique. Google Earth agit donc comme un navigateur de fichiers KML

WGS 84 est le format utilisé par le système GPS (Global Positioning system). C'est un système de navigation basé sur l'utilisation de satellites développés par le département de la défense des Etats-Unis d'Amérique délivrant constamment des informations permettant une navigation simplifiée. Conçu initialement pour des applications militaires, il délivre également des signaux utilisables 24h sur 24h pour tous les utilisateurs civils dans le monde entier et cela avec une précision de 5 à 20 mètres.

Le système de référence : Tout système de coordonnées ou de cartographie repos sur une définition de paramètres de référence. Pour le système GPS on définit une référence globale qui répond aux objectifs d'un système mondial de navigation (WGS84). Comme chaque pays possède sa propre référence géodésique et son propre système de projection, il existe des

transformations géométriques qui permettent de passer du système WGS84 à un système de cartographie national ou local.

L'importation des points de calage au format KML depuis GoogleEarth vers ArcGis, consiste à passer du système de projection WGS84 (projection UTM) au RGF93 (projection Lambert93).

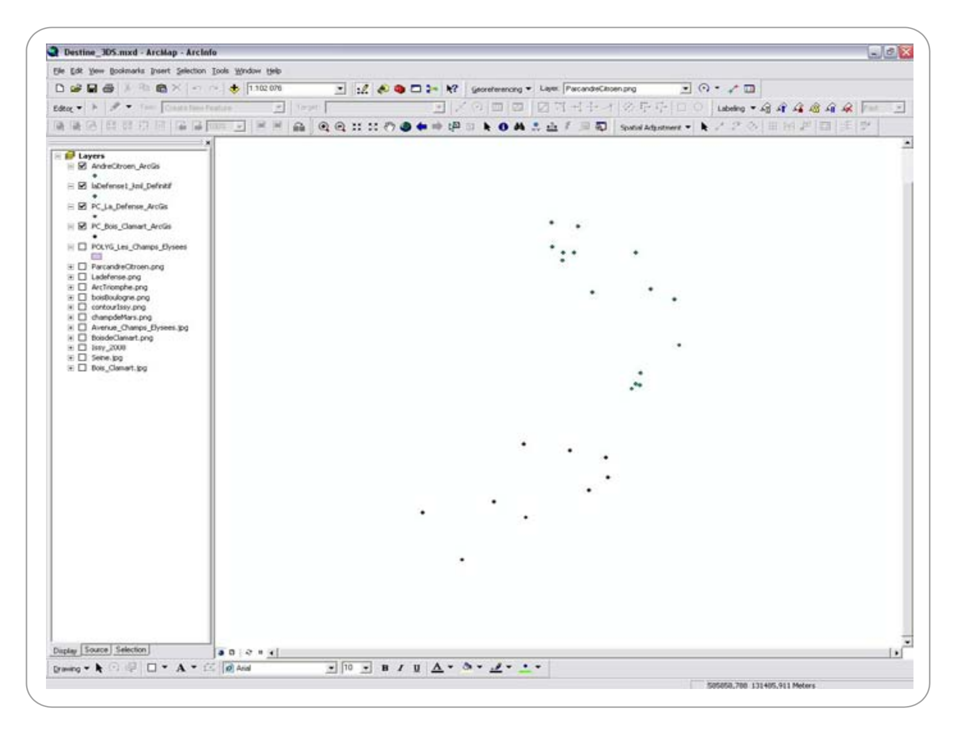


Figure (8): Importation des points de calage au format KML depuis GoogleEarth vers ArcGis. Passage du système de projection WGS84 vers RGF93

3.2.5. Cohérence internationale entre les systèmes de référencement

3.2.5.1. RGF93, ETRS89, ITRS

Le RGF93 est la partie française densifiée du système européen ETRS89 (European Terrestrial Reference System pour l'époque 1989,0) qui est lui même la partie européenne du système de référence mondial ITRS89 (International Terrestrial Reference System). On retiendra que ces trois systèmes sont totalement cohérents et offrent une précision sur les coordonnées de l'ordre de 2 cm. Ainsi, dans les logiciels SIG, ces trois systèmes peuvent être utilisés sans que cela pose le moindre problème quant à la qualité du géoréférencement. En revanche, il peut y avoir confusion au niveau de la désignation entre le système, sa réalisation voire l'organisme qui gère le système de référence. Le tableau ci-dessous où « yy » désigne l'année, résume les différents sigles utilisés pour décrire les systèmes, leurs réalisations et les services gestionnaires.

Système	**Réalisation**	**Gestionnaire du système**
RGF93	RRF, RBF, RGP	IGN
ETRSyy	ETRFyy	EUREF
ITRSyy	ITRFyy	IERS

3.2.5.2. WGS84

Le système américain WGS84 est le système de référence du GPS. Il a été calculé à partir de mesures Doppler de précision métrique. Il est totalement cohérent avec les trois systèmes RGF93, ETRS et ITRS, mais avec une précision métrique. C'est la raison pour laquelle, lors de la transformation de données de l'ancien système français NTF vers le RGF93 ou le WGS84, les coordonnées peuvent différer de quelques décimales.[13]

Définition du RGF93

- Système tridimensionnel
- Ellipsoïde : IAG GRS 1980 (a = 6 378 137,0 m et f = 1/298,257 222 101)
- Méridien d'origine : Greenwich
- Unité angulaire : degré sexagésimal
- RGF93 vers WGS84 : Tx = Ty = Tz = 0

Le Lambert 93

Comme le système officiel de projection est basé sur le référentiel géodésique, le passage au RGF93 comme système légal de référence a obligé de redéfinir de nouvelles projections. Le système précédent (Lambert avec 4 zones et une projection unique sur le France, le Lambert II étendu) a été remplacé par une projection unique, le Lambert 93, et 9 projections appelées coniques conformes 9 zones qui sont détaillées dans la fiche T3.

Le Lambert 93 est la projection conique, conforme de type Lambert associée au RGF93 qui est applicable sur la France entière. [13]

Constantes de la projection :

- Mode de définition : sécante
- Zone d'application : 41° - 51°
- Parallèles automécoïques : 44° et 49°
- Origine
- Méridien central : λo = 3° Est de Greenwich
- Latitude origine : $\varphi o = 46° \ 30' N$
- Coordonnées de l'origine
- Fausse coordonnée Est (Eo) : 700 000 m
- Fausse coordonnée Nord (No) : 6 600 000 m
- Altération linéaire : de -1 m/km à +3 m/km [13]

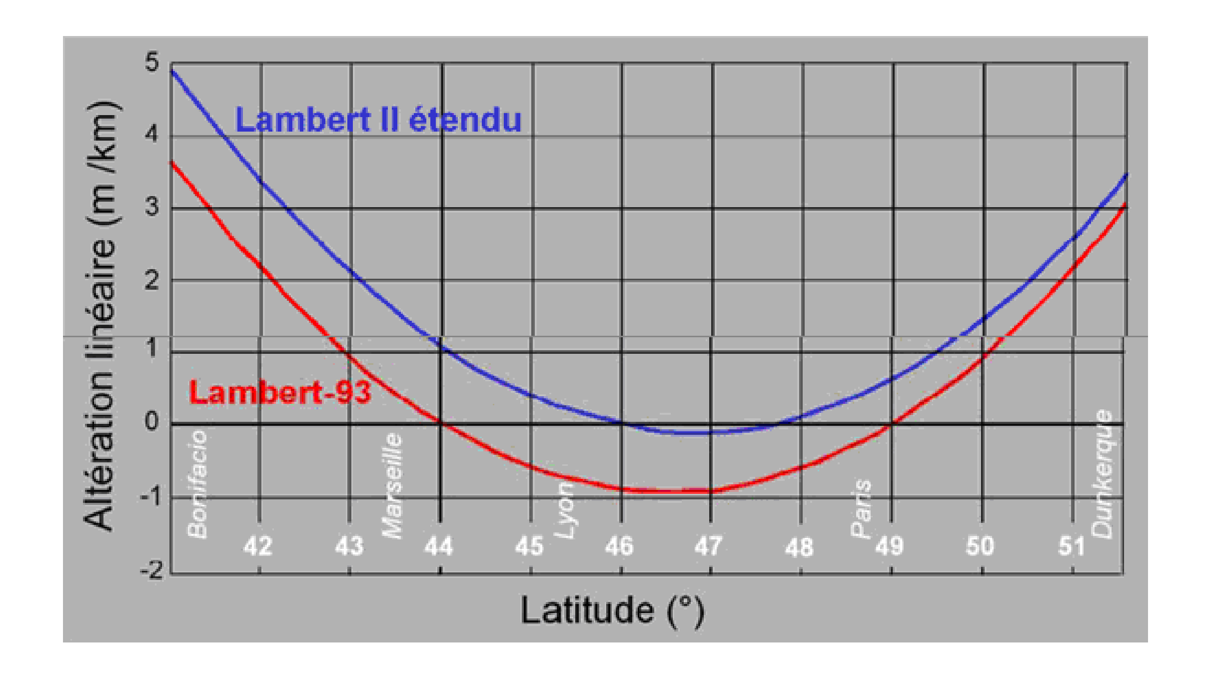


Figure (9): Comparaison de l'altération linéaire des projections Lambert II étendu et Lambert 93

3.3. MODELISATION DE LA VILLE D'ISSY-LES-MOULINEAUX (92) ET BONNEUIL-SUR-MARNE

3.3.1. Calage des images de référence et des lieux remarquables

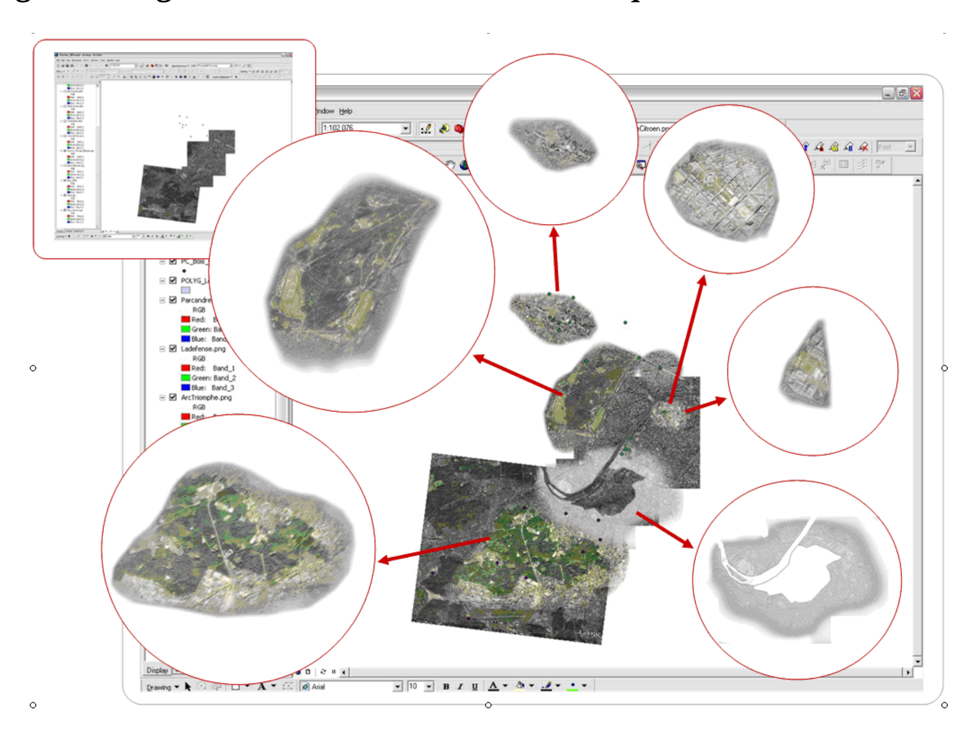
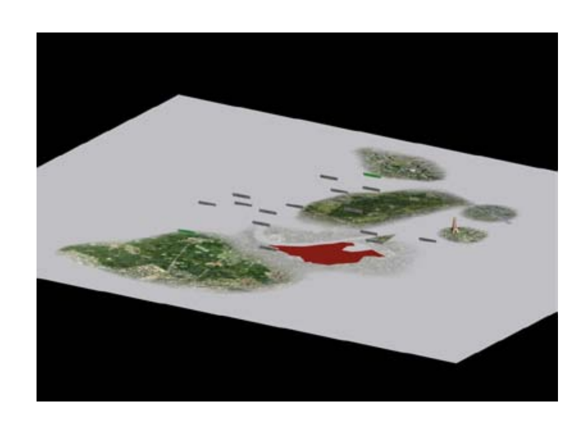


Figure (10) : Calage des images de référence et des lieux remarquables de la zone à modéliser

3.3.2. Calage du plan dans 3Dsmax avec application de la transparence et positionnement des cartes



Figure (11) : Importation de la carte dans le logiciel de modélisation en 3D « 3Ds Max » en vue de l'utiliser en tant que texture sur un plan repère.



Calage du plan dans 3Dsmax avec application de la transparence et positionnement des cartels

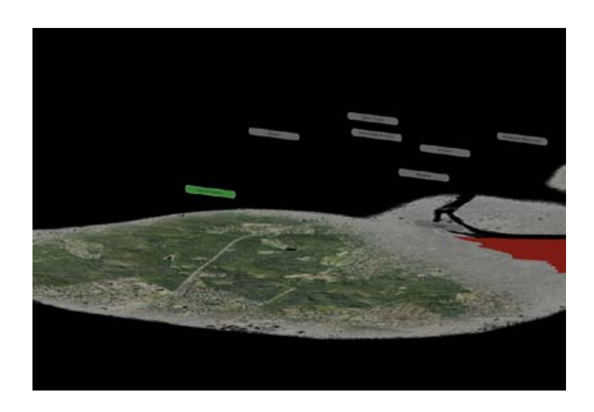


Figure (12) : Extraction de la carte finale sur Arc Gis et récupération dans 3Dsmax

3.3.3. La ville d'Issy-les-Moulineaux modélisée

Objets présents dans la scène

Figure (13) : Vue de la ville d'Issy les Moulineaux modélisée

3.3.4. Intégration de l'environnement géographique immédiat à la ville virtuelle de l'application "Issy3D Web"

Le but de cette opération, est de pouvoir représenter dans l'application, les alentours situés à 5Km de la ville d'Issy sans compromettre la rapidité de chargement des données et la fluidité de l'application. Pour respecter au mieux cet objectif, une solution d'affichage progressif de la zone d'extension a été décidée. Cette méthode s'appuie sur l'assemblage de plusieurs dalles formant un plan général de la zone considérée. Ce plan est calé et placé à la bonne altitude, afin de garantir la correspondance entre les limites de la ville représentée sur la carte après sa projection sur le plan final, et celle modélisée dans le logiciel 3DsMax.

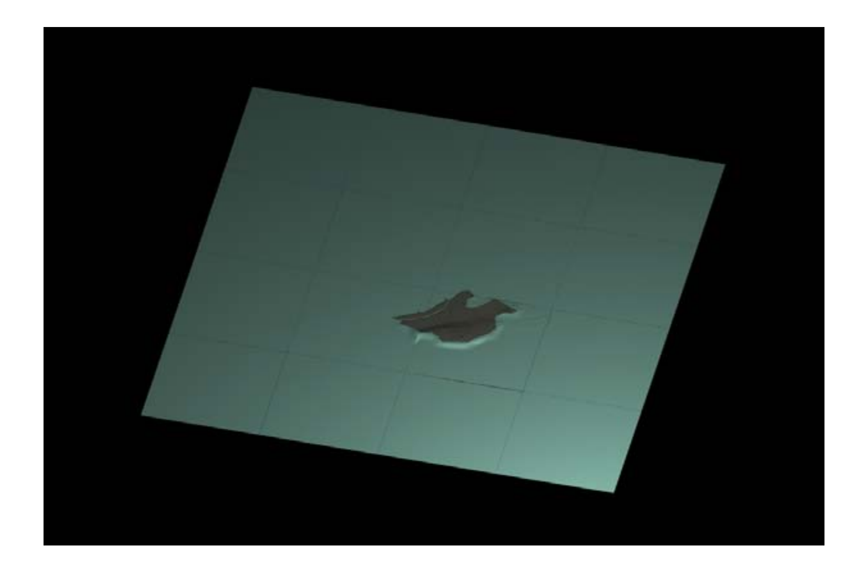
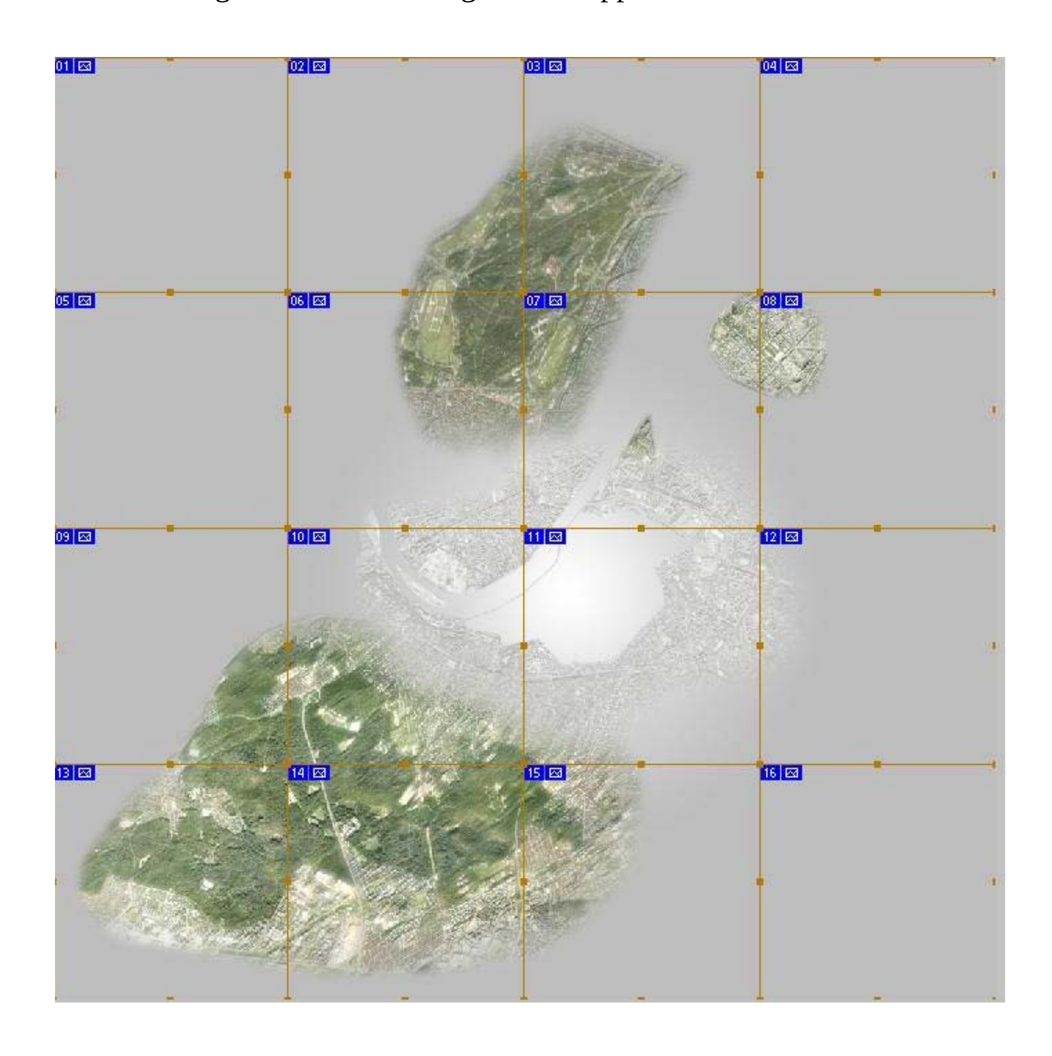


Figure (14) : Futur plan de projection de la carte finale

La carte à projeter sur le plan, a subi le même traitement de découpage, afin que chaque partie soit appliquée comme texture sur les différentes dalles formant le plan, permettant ainsi d'optimiser au mieux la gestion de l'affichage dans l'application



Figure(15) : Subdivision de la carte suivant un carroyage calculé selon le système de projection Lambert93

Les différentes parties issues du découpage de la carte, sont appliquées sous forme de texture par correspondance avec chacune des dalles constituant le plan.

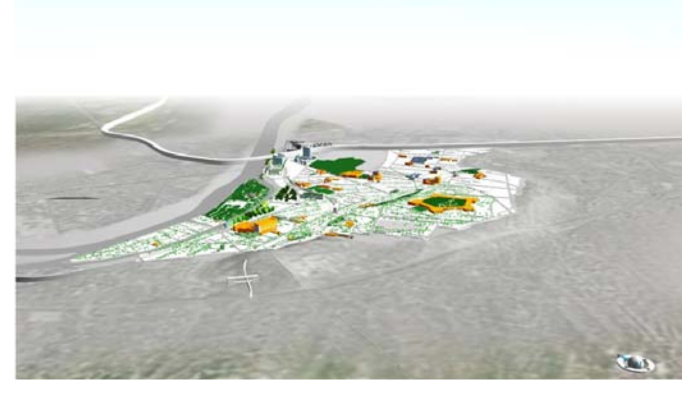


Figure (16) : Vue générale dans le logiciel 3DsMax

Chaque élément composant cet environnement est transféré vers le serveur dans un format [.nmo], où il sera géré de façon intrinsèque, par les différents programmes informatiques développés dans le langage Virtools (technologie des jeux vidéo), selon une dynamique inspirée de la réalité.



Figure (17) : Aperçu de l'environnement
à partir de l'application "Issy 3D" online

La grande innovation de Virtools dans le milieu est sa schématique, qui reprend le principe des circuits logiques. Il n'est plus question dans virtools de lignes de programmation, mais plutôt d'assemblage de "building blocks" pour décrire un comportement. La figure suivante est prise du projet, pour illustrer ce procédé

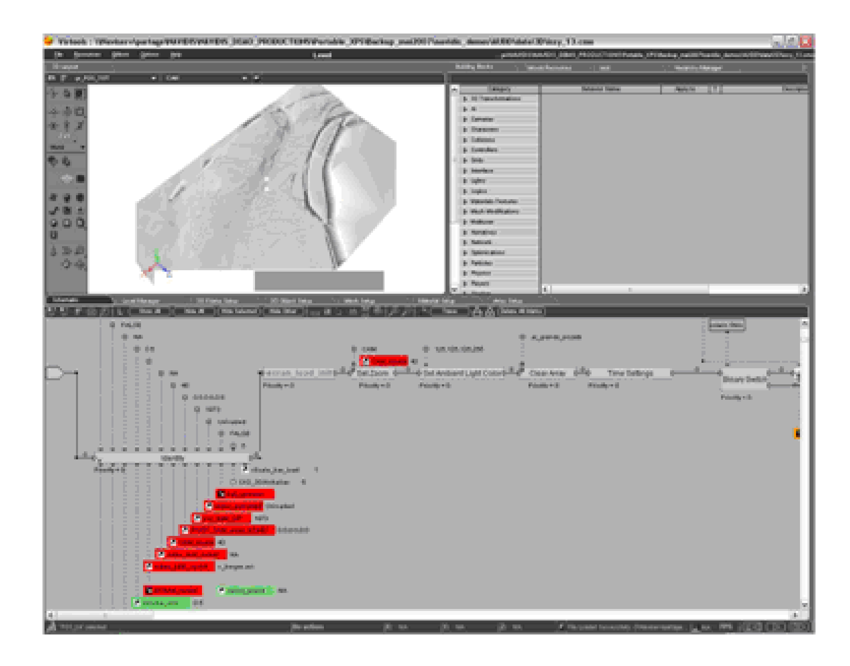


Figure (18) : Aperçu de la partie réalisée dans Virtools

De nombreuses techniques utilisées dans Virtools pour la visualisation et l'interaction ont étaient appliquées dans l'interface Issy-3D web, notamment grâce à l'intégration de consoles multimédia qui s'affichent lors d'un clic sur un des bâtiments présent dans la scène. Aussi, la

technique comportementale de Virtools a permis l'introduction d'animations à l'environnement modélisé de l'application. Les éléments ayant bénéficié de cette technique, sont les suivant :

- **Les bâtiments :** un mouvement de translation vertical a été assigné à ces objets afin de donner une dynamique à la carte, les faisant surgir du sol lors d'un zoom sur la ville. Un travail d'ambiance sonore a été réalisé afin de reproduire l'atmosphère de la ville. Ainsi, le zoom sur une école, déclenche un son particulier à cet endroit de la ville.

- **Les trains, tramways et les voitures :** il est à noter que dans la carte, il existe certains objets prévus pour contribuer au réalisme de l'ensemble. À ces objets sont associés des sons dont le volume est relatif à la distance qui les sépare de la vue courante de à l'écran

3.4. INTRODUCTION DE NOUVEAUX ELEMENTS A L'ENVIRONNEMENT DE L'APPLICATION

L'actualisation de l'application passe parfois par l'intégration de nouveaux éléments reconstitués à partir d'orthophotoplan, via le logiciel ArcGis. Cette façon de faire, garantit grâce au calage, une précision importante ainsi qu'une bonne insertion des objets mis à jour dans l'environnement virtuel de l'application. Ainsi, lorsqu'il s'agit d'introduire la Seine dans l'environnement de l'application, une vectorisation de celle-ci est réalisée sur ArcGis puis exportée en format [.DXF].

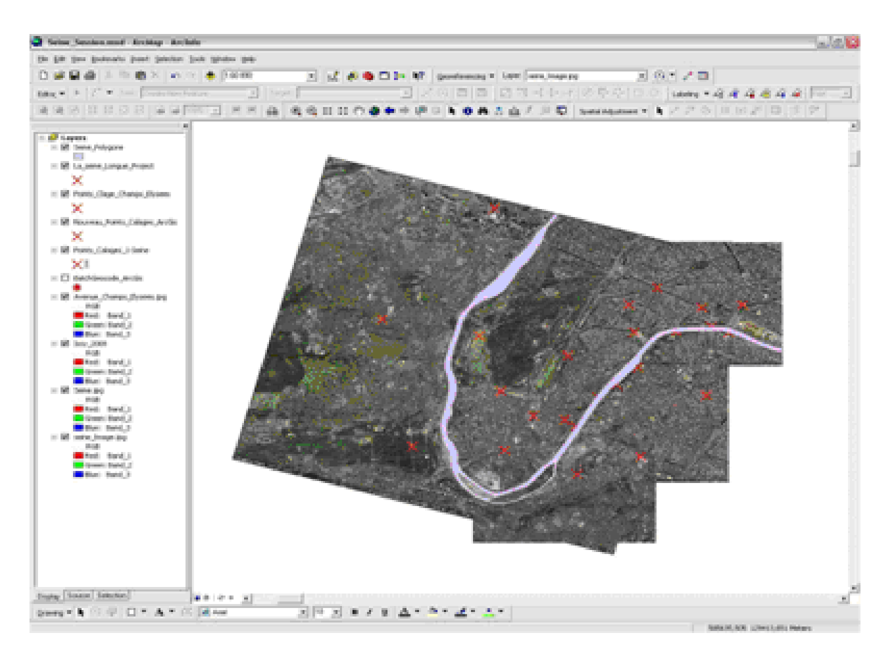


Figure (19) : Vectorisation de la seine à l'aide du SIG ArcGis en vue de sa modélisation dans 3DsMax

L'intérêt d'exporter dans le format [.DXF] est de pouvoir ouvrir le fichier dans le logiciel 3DsMax. De ce fait, la Seine peut être visualisée et corrigée dans 3DsMax avant d'être définitivement intégrée à l'application.

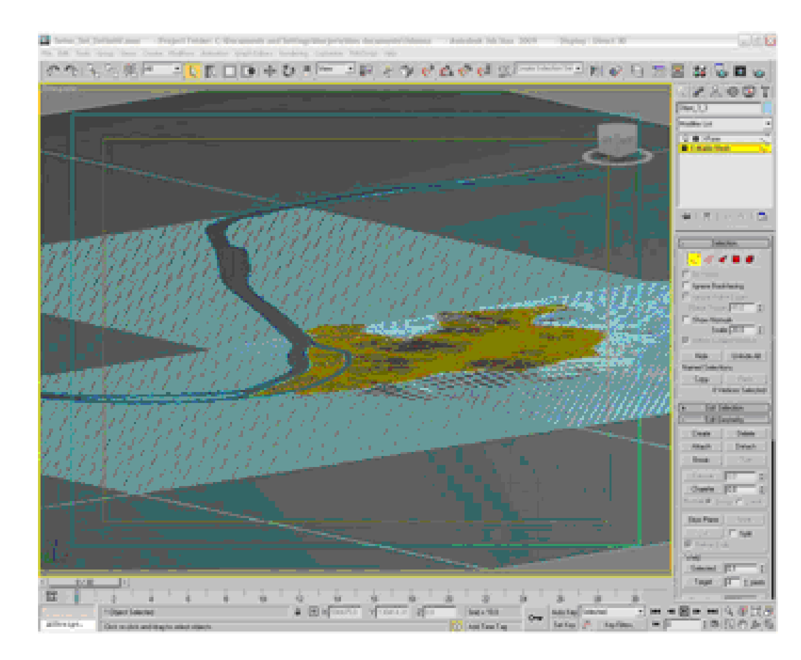


Figure (20) : Récupération de la Seine dans le logiciel 3DsMax

3.4.1. Modélisation de nouvelles structures (bâtiments) en vue de mettre à jour la carte Issy 3D

Cette opération nécessite une vectorisation des emprises des bâtiments grâce à l'utilisation d'une orthophoto. La couche avec les éléments vectorisés est ensuite exportée au format .dxf (format AutoCad) afin de conserver les coordonnées géographiques des lieux à modéliser ainsi que leurs données relatives au géoréférencement. De cette façon, le centre de tri de la ville des Issy-les-Moulineaux, a ainsi été intégré à la carte, après une digitalisation de son emprise sur le sol.

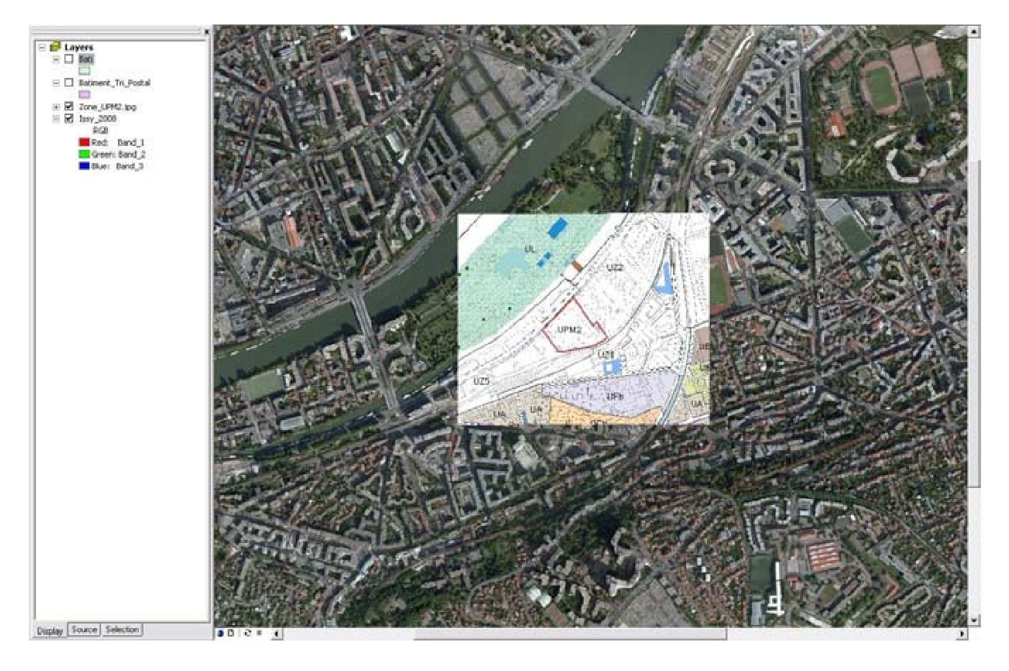


Figure (21) : Calage du plan d'architecture du centre de tri de la poste à Issy-les-Moulineaux

La couche comportant l'entité vectorisée, est exportée vers 3Dsmax afin de servir de base à la construction 3D du bâtiment.

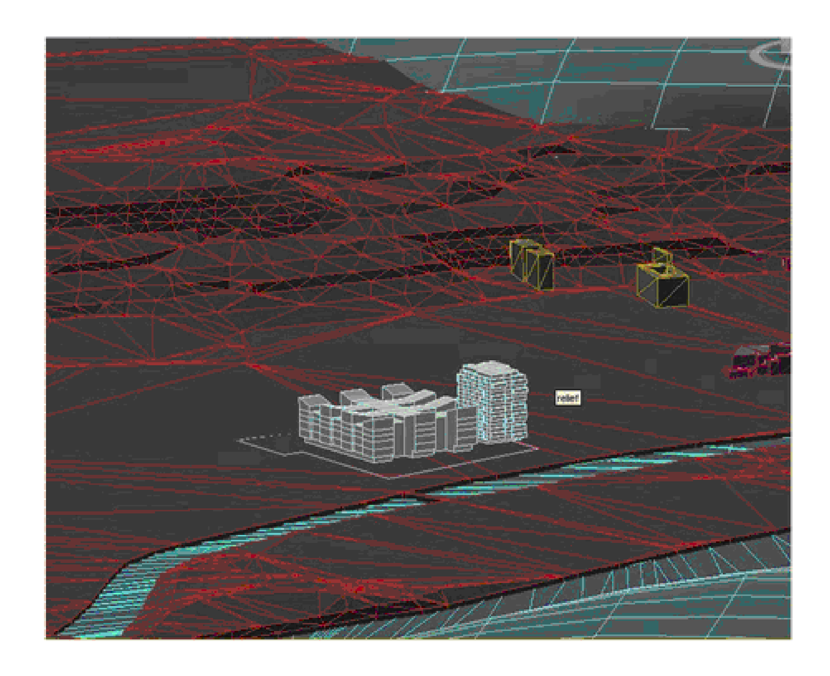


Figure (22) : Maquette du centre de tri de la poste de la ville d'Issy-les-Moulineaux

Arrivé à cette étape, des plans d'architecture décrivant le bâtiment sont mis à disposition afin de pouvoir modéliser le bâtiment avec les bonnes proportions.

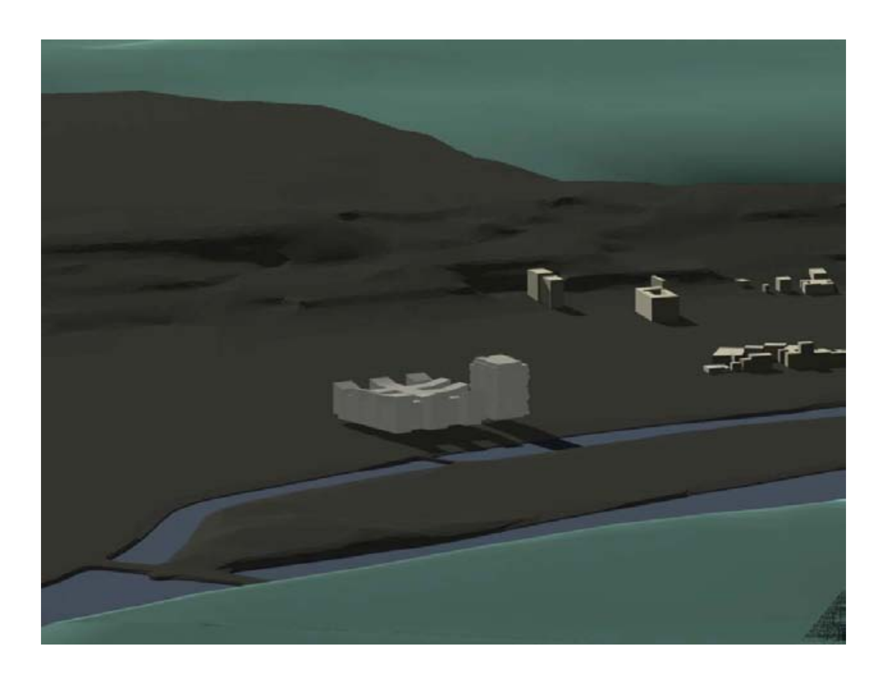


Figure (23) : Rendu du centre de tri de la poste dans le logiciel 3Dsmax

Une fois que le bâtiment est réalisé, il est exporté au format « .nmo », grâce auquel il sera intégré à l'application Issy3Dweb après la mémorisation de la localisation et de l'échelle de représentation à l'aide du modificateur « ResetXform »







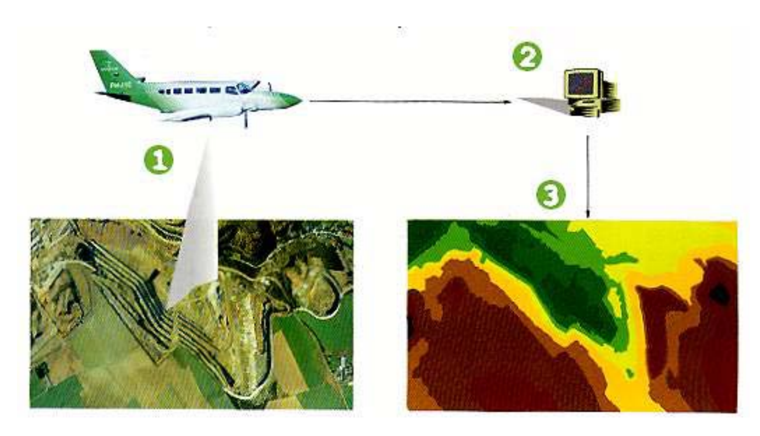


Figure (24) : Représentation des thématiques proposé dans L'application Issy3D

3.5. REALISATION D'UNE PRESENTATION GENERALE DU PROJET DE LA VILLE DE BONNEUIL-SUR-MARNE AVEC CARTOGRAPHIE ET REPRESENTATIONS 3D

3.5.1. Assemblage et calage des orthophotoplans

Les orthophotographies utilisées sont des reproductions photographiques qui ont été positionnées géographiquement et redressées en projection orthogonale afin de corriger les déplacements dus à l'inclinaison de la caméra et au relief. L'orthophotographie permet d'obtenir le portrait d'un territoire donné avec les objets positionnés comme sur une carte (projection orthogonale) sans les déformations causées par le relief qui apparaissent sur des projections centrales que sont les photographies aériennes**.**



L'apport d'un orthophotoplan est un apport de données brutes par l'image qui peut se révéler être un outil de développement et d'aide à la décision. Aussi, l'utilité des orthophotoplans est multiple:

- l'apport d'une source de données supplémentaires,
- la reconstitution des tissus urbains et la reformation des îlots,
- la gestion des secteurs en voie de paupérisation (vétusté des habitations au centre-ville et des logements sociaux en périphérie)
- le croisement des données disponibles (données INSEE, bases de données SIG...) avec l'apport de l'orthophotoplan,
- la requalification des orthophotoplans,
- l'utilisation du MNT ....

Dans les différents projets de la société Navidis, les ortophotos utilisées dans la modélisation de la ville, sont issues directement de la BD Ortho de l'IGN, avec une résolution de 50 cm, une précision « quasi » métrique, utilisable jusqu'au 1/2000ème environ.

Les alentours de la ville, sont quant à eux modéliser à partir d'une reconstitution, composée de plusieurs dalles callées, puis transformées en un catalogue-raster afin d'obtenir une mosaïque et effacer ainsi les zones de recouvrements.

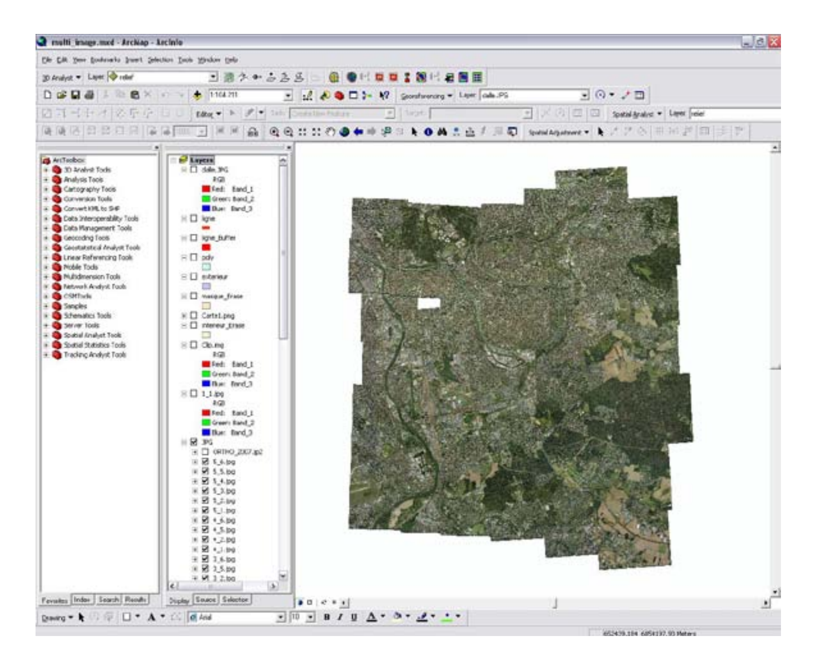


Figure (25) : Couverture en orthophotoplans de la zone concernée par le projet

3.5.2. Génération d'un catalogue raster dans une géodatabase (mosaïquage)

Nous avons procédé à la réalisation d’une mosaïque numérique des orthophotoplans en éliminant les zones de recouvrement et en rendant les raccords invisibles pour obtenir une image globale continue du territoire de la ville.

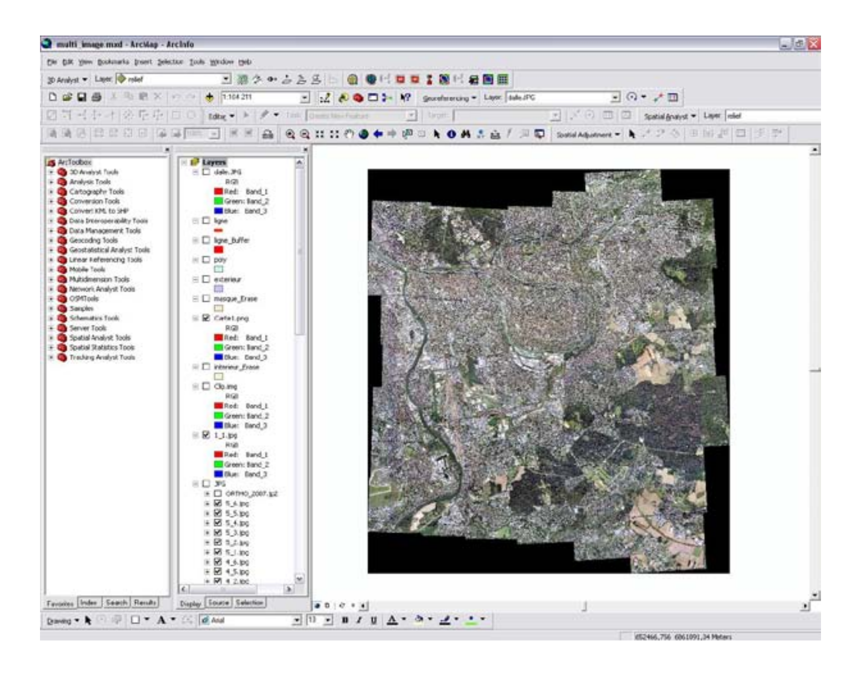


Figure (26) : Constitution d'une mosaïque d'horthophoplans donnant une vue globale de la zone

3.5.3. Découpage de la mosaïque selon la zone considérée

Pour faciliter toute manipulation au sein d'un SIG, il est nécessaire de découper cette image selon les limites exactes de la zone considérée

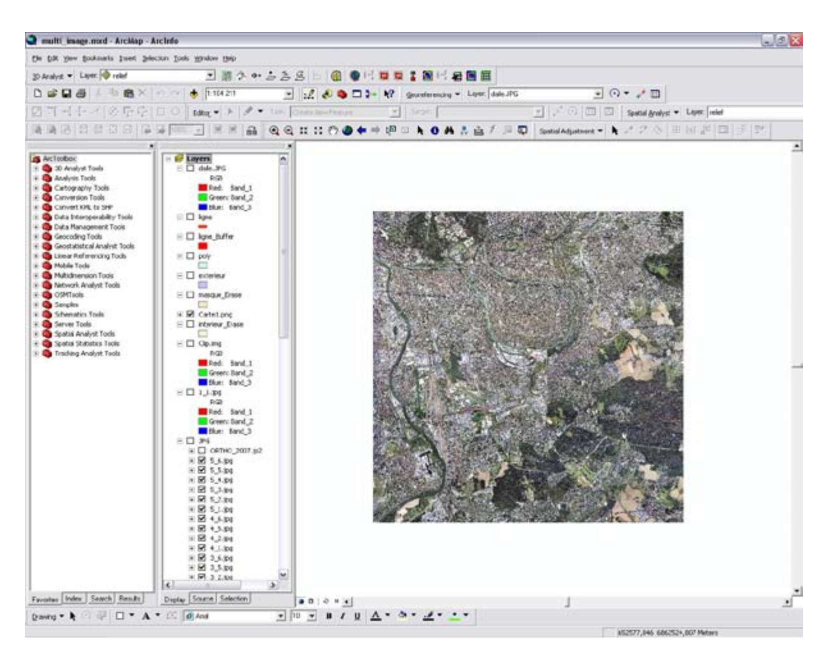


Figure (27) : Ajustage des bords de l’orthophoto

3.5.4. Application d'une grille géoréférencée dans ArcMap en vue d'une transformation de l'orthophotoplan en dalles

L'objectif est de passer d'une photographie à un ensemble de dalles parfaitement calées, on appliquant un découpage suivant une grille géoréférencée.

.

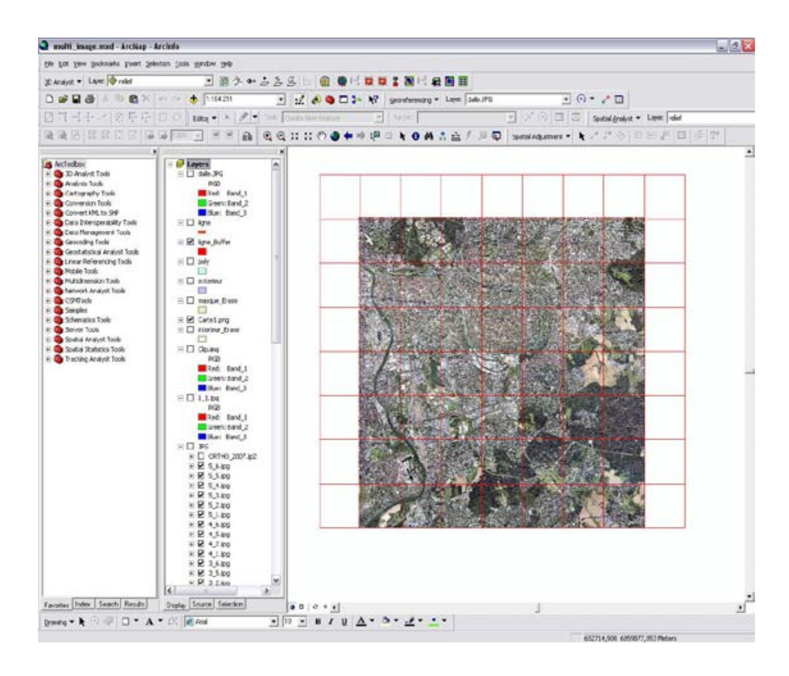


Figure (28) : Application d'une grille géoréférencée

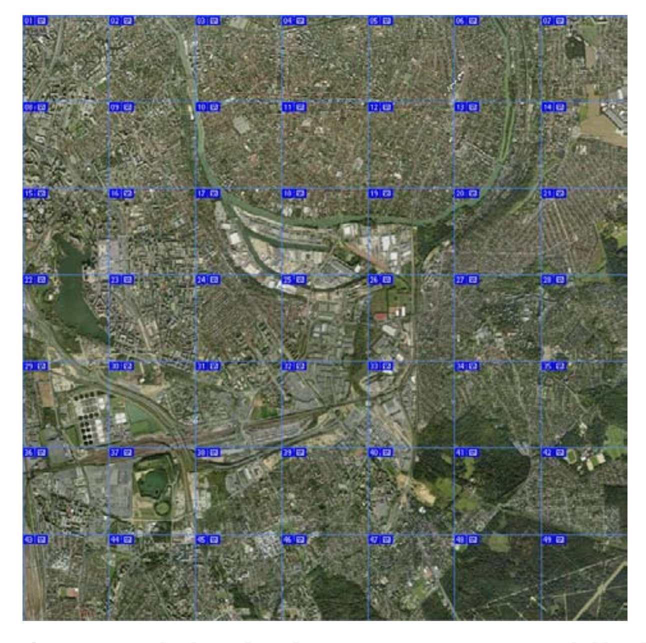


Figure (29) : Découpage de l'orthophoto automatique en dalle de 128*128px

L'organisation de l'information en couches de données a nécessité la création d'une carte avec la répartition des quartiers de la ville.

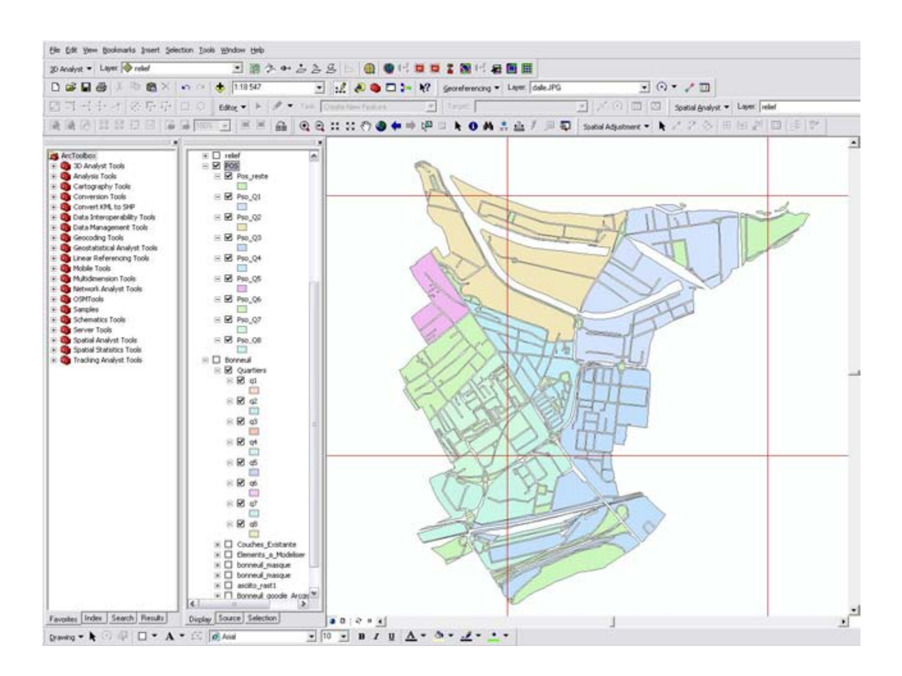


Figure (30) : Etablissement des quartiers de la ville

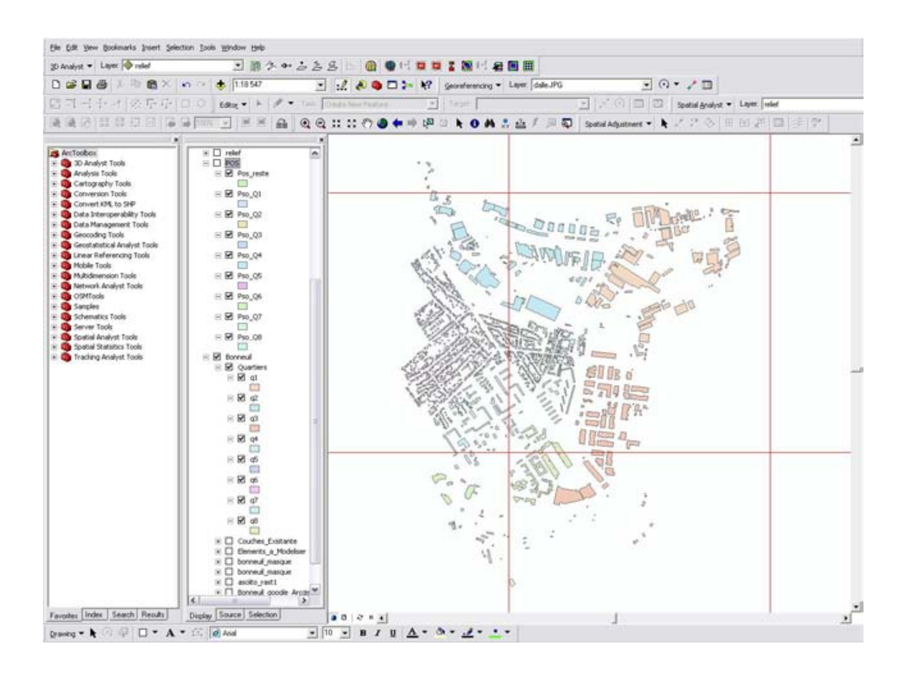


Figure (31) : Groupages des bâtiments suivant les quartiers de la ville

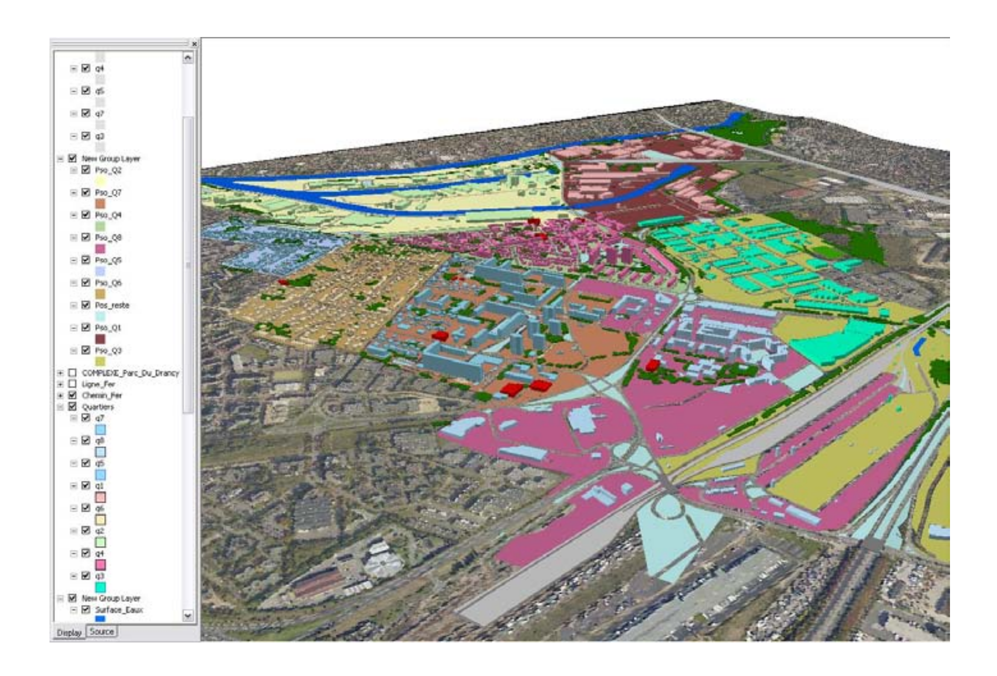


Figure (32) : Présentation finale des quartiers de la ville

Dans cette partie, les données IGN sont chargées dans ArcScene afin d'être exploitées de manière automatique pour la construction de la maquette. Cette maquette servira de base de pour la future application web, après l'avoir finalisée dans 3Dsmax, pour en améliorer l'aspect et le rendu.

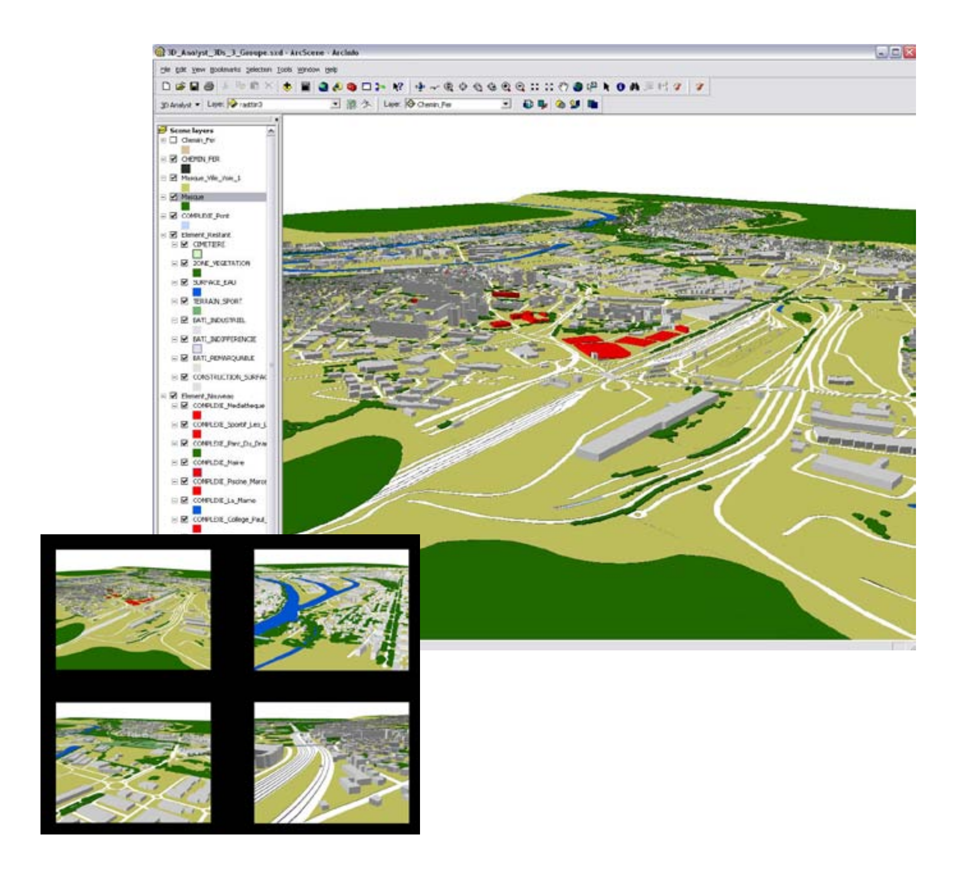


Figure (33) : Construction de la maquette dans ArcScene

3.5.5. Découpage du fichier au format "ASCII" (données relief) selon la grille géoréférencée en vue d'une transformation en dalles

Nous avons tout d'abord utilisé ArcCatalog pour transformer le MNT dont l'extension était .asc en raster afin qu'il puisse être lu par ArcScene. On utilise ArcToolbox.

Dans ArcToolbox : *Outil de conversion _ Vers Raster _ ASCII vers Raster* On choisit un *Fichier raster ASCII en entrée.* Puis on lance la conversion.

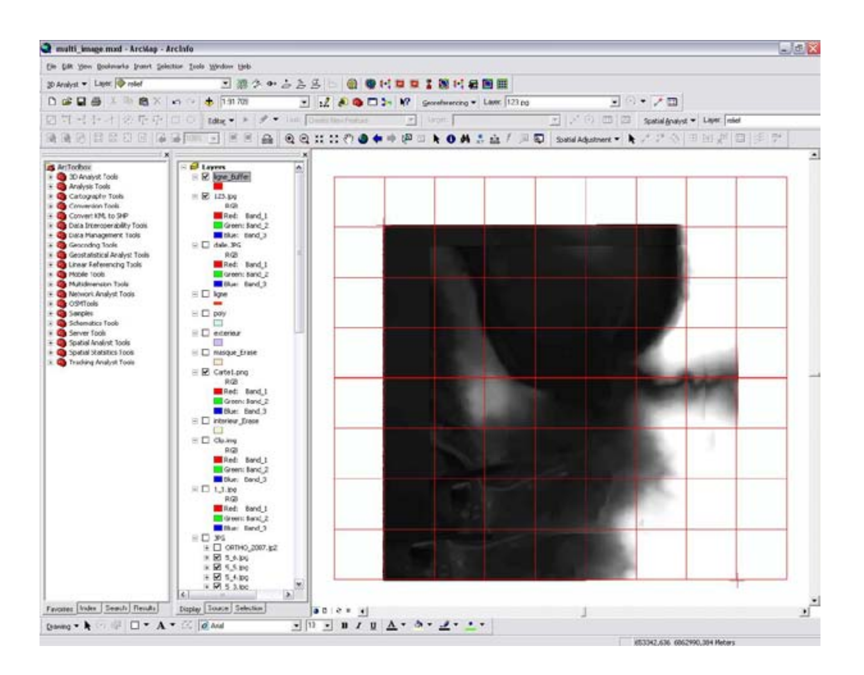


Figure (34) : Transformation en dalles

3.5.6. Présentation des plans sans relief sur lesquels seront projetées les différentes dalles de l'orthophotoplan

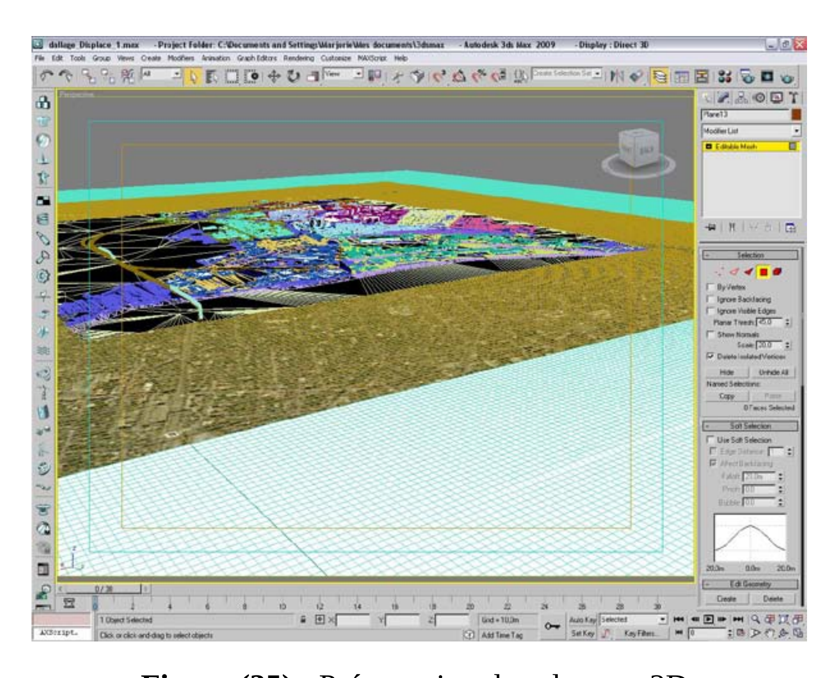


Figure (35) : Présentation des plans en 2D

3.5.7. Génération du relief en employant la fonction "Displace" de 3dsmax

Dans ArcScene, il faut à nouveau convertir le MNT avec 3D Analyst. L'image raster est une image 2D. Après cette nouvelle conversion en fichier TIN, on obtient un fichier en 3D, composé de surfaces créées à partir de multiples triangles assemblés. Nous devons maintenant procéder au drapage des données sur cette représentation.

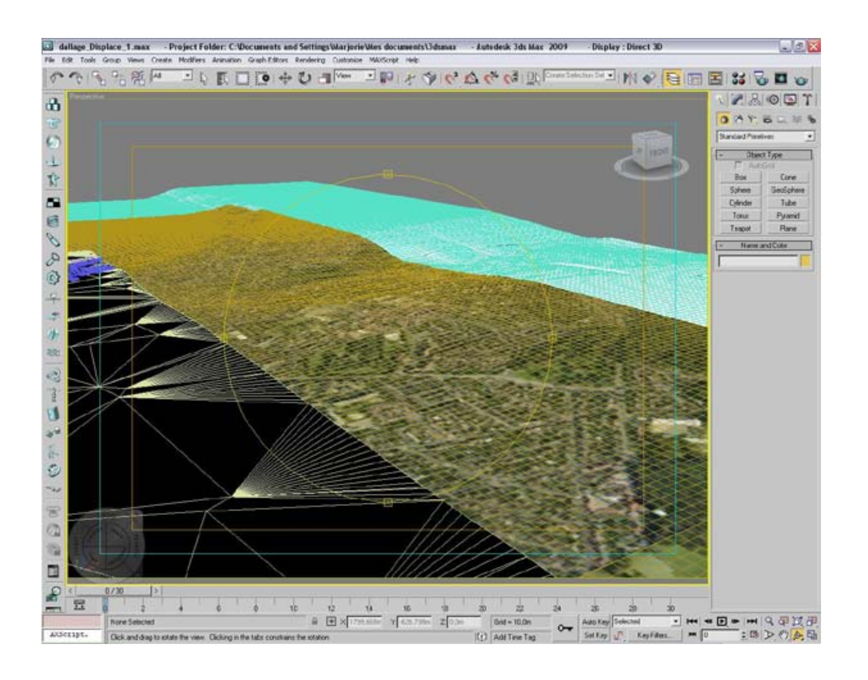


Figure (36) : Application du relief pour les alentours de la ville dans 3Dsmax

A ce stade, nous recensons dans la scène générale les éléments suivants :

1. Types de reliefs
    - Un relief réalisé avec ArcGis sur lequel repose l'ensemble des bâtiments recensés dans la ville de Bonneuil. (important en termes de volume).
    - Un autre relief, formé de plusieurs dalles disposées autour du premier relief et qui reconstitue les alentours de la ville (léger en termes de volume).
2. Des maquettes des sites :
    - Standards représentés essentiellement par les bâtiments normaux, répartis en 8 quartiers suivant la configuration de la ville.
    - Remarquables de la ville à savoir, La Marne avec ses deux darses (bras), le complexe sportif Léo, La Mairie, La Médiathèque, La piscine (voie Paul Eluard), Le collège Paul Eluard, L'espace intergénérationnel Louise Voëlckel, Le marché Salvador Allende, Le parc du Rancy, La salle Gérard Philipe.

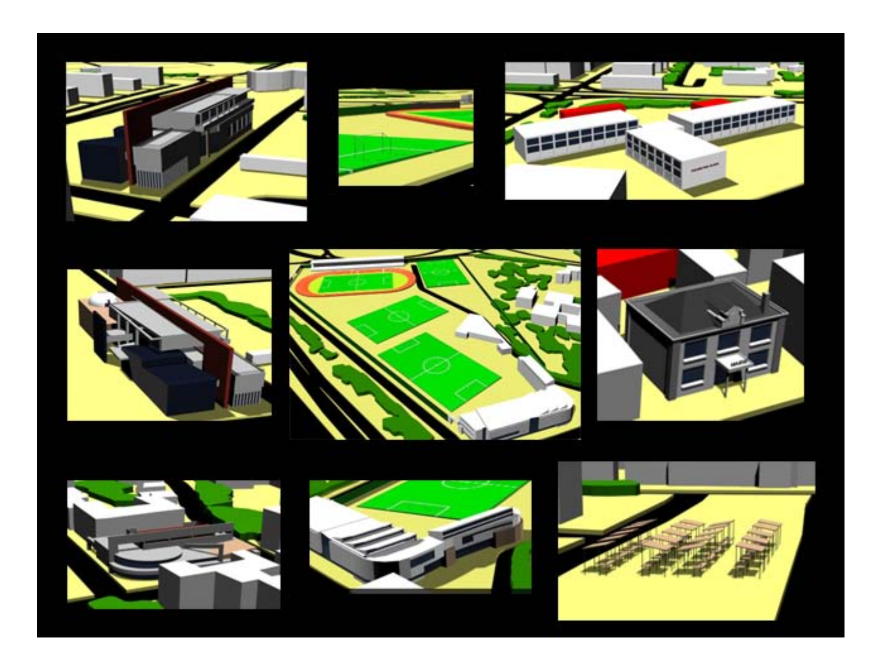


Figure (37) : Modélisation des sites remarquables de la ville

À l'issue de la modélisation des lieux remarquables, nous procédons à l'export de l'ensemble des éléments présents dans la scène, dans le format .nmo, afin d'en vérifier la compatibilité et la prise en charge par le logiciel d'animation 3D Virtools, notamment en terme de volume. Cet export donne ainsi lieu à la première version de l'application Web temps réel.



Figure (38) : Aperçu de la scène dans 3Dsmax avant exportation dans virtools

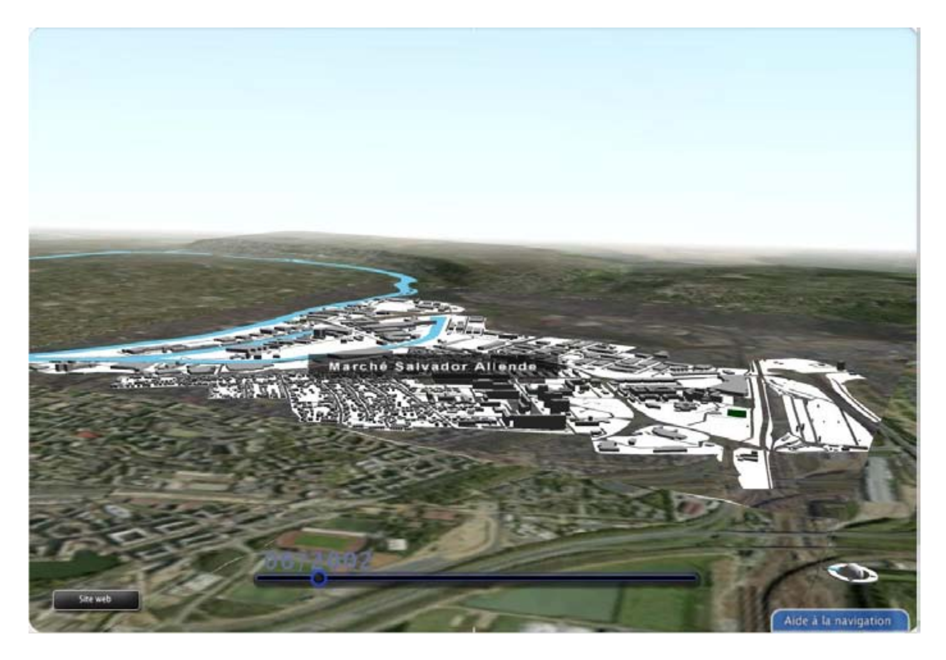


Figure (39) : Aperçu de la première version Web de l'application

Dans le cadre des thématiques prévues dans le menu principal de l'application à savoir :

- Découverte de la ville
- Loisir et culture
- Développement durable
- Grands projets d'urbanisme

Il était important de non seulement modéliser les sites remarquables et les grands projets d'urbanisme de la ville mais aussi les éléments dynamiques qui contribuent au développement d'une ville tel que les moyens de transport

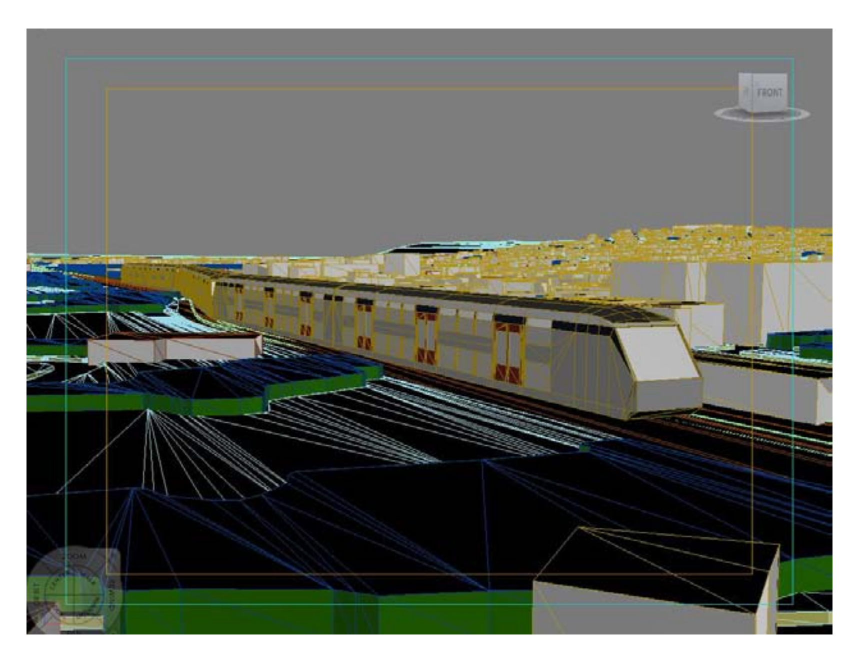


Figure (40) : Modélisation des moyens de transport de la ville (RER)



CONCLUSION

D'une part ce travail propose une ouverture à un nouveau mode de visualisation dans le cadre d'une modification du milieu urbain : **la troisième dimension**.

D'autre part, il a permis d'actualiser une maquette 3D de la ville d'Issy-les-Moulineaux, et de concevoir une modélisation 3D réaliste de la ville de Bonneuil-sur-marne. Le tout est drapé sur un sol en relief, pour constituer une maquette 3D proche de l'apparence de la commune. Cette maquette 3D pourrait être utilisée comme outil de représentation des perspectives d'extensions de la ville. En effet, l'utilisation du SIG en 3D dans le cadre d'un projet d'urbanisation est beaucoup plus interactive qu'un simple plan 2D et permet de se rendre compte plus aisément de la nouvelle identité que va acquérir une ville avec l'aménagement d'une zone.

La modélisation 3D avec un réalisme à la pointe, requiert un temps de travail considérable et un matériel informatique conséquent, mais le résultat est tellement proche du monde réel qu'il encourage a toujours faire plus pour obtenir une maquette 3D plus poussée dans la représentation. Notre but a été de trouver un équilibre entre ce que nous souhaitions réaliser et le temps qui nous est imparti, mais il nous reste à l'esprit d'autres améliorations en perspective.

Plus globalement, ce stage m'a apporté une connaissance d'un domaine que j'ignorais totalement et pour lequel je n'avais pas d'intérêt particulier. J'étais venu à Navidis, par le biais d'un intérêt pour la cartographie et la géomatique telle que je les connaissais avant, c'est-à-dire dans une représentation en 2D de l'espace géographique. La modélisation 3D s'éloignait donc de ces préoccupations qui maintenant sont au coeur de mes projets pour l'avenir. J'ai néanmoins pu, à travers ce stage, mobiliser des connaissances acquises auparavant, notamment en matière de traitement et structuration de données spatiales, qui m'ont aidé à progresser dans ce stage.

Par ailleurs, j'ai pu mesurer l'apport réel des enseignements de la formation ArcGis de Paris 8, notamment en ce qui concerne les aspects les plus techniques liés aux SIG. J'ai pu aussi observer l'ampleur que peut avoir et le rôle que peut jouer, un SIG et les techniques qui y sont liées dans le fonctionnement d'une entreprise créatrice de solutions de communication cartographique, telle que la société Navidis. Cela a élargi mes perspectives sur le thème de la modélisation 3D des territoires.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1]. BENOÎT St-Onge (2003): Structures des données appliquées aux SIG – Notes de cours - Département de géographie, Université du Québec à Montréal.

[2]. ESRI France ArcGis: Support de cours et exercices pratiques – Niveau I et niveau II

[3]. « Expertise » Lettre électronique mensuelle (Juillet 2008): Systèmes d'informations techniques BIM - Building Information Model (ou Maquette Numérique) – Norme ISO-IFC.

[4]. Fiche descriptive de la BD Alti (IGN)

[5]. GABY Amandine & CHABERNAU Quentin (2008): Présentation d'un projet de Zone d'Aménagement Concerté (ZAC).

[6]. HASSAN Jibrini (Avril 2002) : Reconstruction automatique des bâtiments en modèles polyédriques 3D à partir de données cadastrales vectorisées 2D et d'un couple d'images aériennes à haute résolution.

[7]. Historique des projections françaises

[8]. Guy Lebègue, avec la collaboration de Éric Lebègue, CSTB et Laurent Lebègue, CNES, (lettre AAAF Cannes, spécial mars 2007) : Du Spatial aux Travaux publics : Les Maquettes virtuelles

[9]. Mathieu KOEHL, Elise MEYER (GéoEvénement 2008, France 2008) : SIG 3D ET 3D dans les SIG : Application aux modèles patrimoniaux

[10]. Mathworld : explications et formules pour de nombreuses projections

[11]. Olivier BANASZAK - Mathieu KOEHL (Dossier SIG) : SIG et 3D au service des collectivités territoriales : l'expérience de la Ville du Havre

[12]. PORNON Henri (1995): LES SIG, mise en œuvre et applications. Edition HERMES.

[13]. Revue du Certu (Octobre 2008) : Géoréférencement et RGF93 Théorie et concepts - Fiche T2 RGF93 et Lambert 93

[14]. Dossier de presse Cap digital (Juin 2009) : Futur en seine

WEBOGRAPHIE

[1]. http://fr.wikipedia.org/wiki/Projection_cartographique

[2]. www.olf.gouv.qc.ca/.../georeferencement.html : Institut National Géographique Français (documentation sur l'information géographique, traitement des image, le MNT, l'orthophotoplan)

[3]. www.moteurprog.com : Portail dédié à la programmation et la modélisation 3D

[4]. www.geoportail.fr : Portail dédié à la géomatique

LOGICIELS UTILISES

[1]. esrifrance.fr : société ESRI (ArcGIS) : Aide dans le logiciel ArcGIS.

[2]. fr.sketchup.fr : SketchUp : Téléchargement de SketchUp, du plugin SketchUp ArcGIS. Aide sur l'utilisation du plugin.

[3]. 3-http://www.autodesk.fr/adsk/servlet/pc/index?siteID=458335&id=14642301 : Téléchargement de 3Ds max et manuel d'utilisation.



DISTINCTIONS OBTENUS PAR LA SOCIETE NAVIDIS

[1]. Imagina Awards : Navidis nominé aux Imagina Awards ! L'événement international de la 3D (Monaco-Février 2008)

[2]. Obtention du statut Jeune Entreprise Innovante (JEI)

[3]. Prix Spécial du Jury du Festival Fimbacte 2007 , sous la présidence d'honneur d'André Santini, attribué à l'Atelier d'Urbanisme et de Développement Durable réalisé pour Issy-les-Moulineaux

[4]. Obtention du label Reconnu d'Intérêt Pédagogique du Ministère de l'Education Nationale en 2007 pour le projet Terres Interactives

[5]. Pôle de Compétitivité Cap Digital : Navidis a obtenu le label Cap Digital du Pôle de Compétitivité Ile-de-France et bénéficie du soutien au développement de la plate-forme technologique (2006)

[6]. Prix de la e-Démocratie (France) du 6ème Forum Mondial de la e-Démocratie d'Issy-les-Moulineaux - 2005 - pour la réalisation du site OPHLM de la Ville d'Ivry

[7]. Prix Européen Best practices in Promotion des European Attractiveness Award - 2005 - pour la réalisation du site Econovista - Région Ile-de-France

[8]. Prix du Mercure des Entrepreneurs HEC - Groupe HEC - 2003

[9]. SEMADS d'Issy-les-Moulineaux : lauréat de la Cyber-Pépinière 2004

[10]. Prix DCF : prix des Dirigeants Commerciaux de France 2003

[11]. Prix Invest 95 : prix de la création d'entreprise 2003

[12]. La technologie de NAVIDIS a été développée avec le soutien d'OSEO-ANVAR

LES DIFFERENTES CATEGORIES D'OUTILS 3D		
Catégorie	**Solution**	**Utilisation**
Extension SIG	ArcScene (ArcInfo 8) Virtual GIS (ERDAS Imagine) Vertical Mapper, Virtual Frontier (MapInfo) 3D Analyst, 3D Producer, Townbuilder 3D (Arcview), etc.	Création de scènes en perspective Drapage d'images et de couches vecteur Extrusion d'objets vecteurs Navigation interactive Interrogation de la BD (image et vecteur) dans la vue 3D Fonctions d'analyse 3D Création d'animations avec détermination de trajets de vol, etc.
Graphisme 3D	POV-Ray, 3D Studio Max, Bryce, Blueberry 3D, etc.	Conception de scènes 3D photoréalistes Création d'objets 3D Création d'animations
Logiciels 3D orientés paysage	World Construction Set, Visual Nature Studio, Genesis II, Terragen, Vista Pro, RAPIDsite, Natural Scene Designer, etc.	Import de données géographiques Modélisation de l'environnement (associations d'éléments, contraintes spatiales) Conception de scènes 3D photoréalistes Création d'animations
Outils CAO	Autocad, Microstation, Archicad, etc.	Acquisition de données 3D Création d'objets 3D Création d'animations Conception de scènes 3D photoréalistes
Extensions CAO	LandCadd (Autocad) AutoCAD Land Development (Autocad) GeoPak tools (Microstation) etc.	Calcul de caractéristiques morphologiques Création et gestion de modèles numériques d'altitude
Logiciels de photogrammétrie	Imagine, Socet Set, Image Station, etc.	Acquistion et gestion de données 3D vecteur Acquisition et gestion de modèles numériques d'altitude
Outils de visualisation	Skyline products, TerrainView, MGI Photovista, G-Vista / Geonova, etc.	Visualisation de représentations 3D et de scènes virtuelles Navigation interactive
Extensions pour navigateur	VRML (Cosmo Player, Cortona), GeoVRML, ActiveX, etc.	Visualisation de données 3D et de scènes virtuelles
Outils de développement d'applications	OpenGL, DirectX, Java3D, etc.	Développement de logiciels 3D performants
Outils de conversion de formats	Feature Manipulation Engine (FME), Geomatica Gateway, 3DEM8, Wilbur, etc.	Conversion de formats de données (vecteur, image, modèles numérique d'altitude)